

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-LEON

Facultad de Ciencias y Tecnología

Departamento de Biología

Carrera Ingeniería Acuícola



Tesis para optar al Título de Ingeniería Acuícola.

TEMA:

Crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* en aguas con salinidades 15‰ y 25‰, evaluando su desarrollo y sobrevivencia en un sistema de producción semi-intensivo.

Presentado por:

Br. Walter José Corrales Zepeda y Br. Plutarco Alejandro Castro Hernández.

TUTOR:

Ing. Álvaro Barreto Altamirano

“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”

## **Agradecimientos.**

Agradezco sinceramente:

Primeramente a Dios por permitirme llegar a este momento especial en mi vida, por haberme dado salud, por darme el don de la vida y sobretodo entendimiento para lograr mis objetivos, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a crecer cada día más.

A mi tío William Alberto Corrales Mondragón que supo darme su apoyo durante toda mi etapa universitaria y mi madre Carmen María Corrales Mondragón, por los valores que me han enseñado para salir adelante con mis estudios, agradezco el cariño, la comprensión, la paciencia y el apoyo que me brindaron para culminar mi carrera profesional, pero más que todo por su amor incondicional durante toda mi vida.

También a la UNAN-León por darme la oportunidad de realizar mis estudios superiores en su prestigiosa Universidad. A mis maestros por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial a nuestro Tutor el Ing. Álvaro Barreto por haber guiado en el proceso de este trabajo, por sus conocimientos y sobre todo por dedicarnos parte de su tiempo para la elaboración de este trabajo.

A todos mis maestros en especial al Dr. José Evenor Martínez González y Msc. Claudia Herrera Sirias, por su apoyo, consejos y por su tiempo compartido para impulsar el desarrollo de nuestra formación profesional.

A todos mis amigos, tíos, tías y aquellas personas que de una forma me brindaron su apoyo durante mi etapa de universitario y compañeros del internado el cual compartimos un gran tiempo de nuestras vidas.

**Br. Walter José Corrales Zepeda.**

## **Agradecimientos.**

Primero que nada quisiera agradecer a Dios padre todo poderoso por darme fuerza y paciencia, a mi madre Marcelina de la Concepción Hernández Gálea y a mi difunta abuela María Victoria Gálea de Villagra por hacerme la persona que soy y por su apoyo incondicional en lo largo de mi vida hasta este punto, ya que han sido las personas más importantes de mi vida.

También agradezco a mi segunda familia por cubrir mis necesidad y por apoyarme en los altos y bajos de mi carrera ya que sin ellos no estuviera aquí, porque han sabido motivarme y enfocarme en mi meta, quisiera mencionar nombres pero nunca acabaría pero ellos saben quiénes son.

A la Msc. Claudia Herrera Sirias y Dr. José Evenor Martínez Gonzales por que han sido parte fundamental en mi formación como profesional, por el seguimiento de mi formación, por los llamados de atención y por las enseñanzas que me han impartido en estos 5 largos años de mi aprendizaje.

Por último pero no por eso menos importante a mi tutor Ing. Álvaro Barreto por la ayuda, el seguimiento y el conocimiento brindado a lo largo de esta investigación ya que su aporte fue fundamental para la culminación de esta investigación.

Gracias a todos.

**Br. Plutarco Alejandro Castro Hernández.**

## **Dedicatoria.**

### **Dedicamos este trabajo de tesis:**

Este trabajo de tesis se lo dedicamos de forma general a todas las personas que trabajan en el área del cultivo de tilapia en nuestro país.

A Dios por haberme puesto en la familia a la cual pertenezco y la cual me siento orgulloso de formar parte. A mi padre William, madre Carmen, abuelita Marta y abuelito Rodimiro por estar conmigo en las buenas y en las malas decisiones que he tomado, por su paciencia, apoyo para seguir adelante en momentos difíciles y siempre darme lo mejor a pesar de las dificultades. A mis hermanas y a mis hermanos, y en especial a mi tía Sonia y mi primo Lester por enseñarme valores morales, espirituales y enseñarme lo bello que es la vida.

**Walter.**

A mi madre que me ha apoyado en todos estos años que se ha sacrificado por mí y me ha aconsejado para seguir adelante y me ha dado toda su comprensión, por eso te la dedico madre te amo. A mi hija Karen Marcela Castro Lira que ha sido mi motivación más grande para terminar esta carrera.

**Plutarco.**

## Resumen

La competencia por el agua fresca con la agricultura y las actividades urbanas han aumentado la presión para desarrollar la acuicultura en el agua salobre y agua de mar. La primer especie candidata para la siembra en el agua salobre es la tilapia ya que se sabe que soporta altas cantidades de salinidad. El propósito de este trabajo fue determinar los factores físico-químicos del agua donde se desarrollaron los peces, así como los Pesos Acumulados, Ritmos de Crecimiento, Tasa de Crecimiento, Supervivencia, Rendimiento Productivo y el Factor de Conversión Alimenticia y verificar en cuál de los dos tratamientos la tilapia obtendrá mejor crecimiento. El estudio se realizó en un sistema sami-intensivo con una densidad de siembra de 5 peces/m<sup>2</sup> Para esta prueba se utilizaron cuatro estanques de concreto de 4.4 m<sup>2</sup> y una capacidad de 3,500 litros. El estudio se realizó en el periodo de Octubre-Noviembre del 2013. Como resultado de este estudio se determinó para el agua en 15‰ de salinidad una variación de temperatura (T°C) 28.2°C y 31.2°C, en el oxígeno disuelto de 2.5 y 8.5 mg/L. Se encontró un crecimiento acumulado final de 88.1 gramos, ritmo de crecimiento de 8.3 gramos promedio, una tasa de crecimiento promedio de 1.3 % gr/día, una supervivencia del 100%, el rendimiento productivo fue de 8024.1 libras/ha y un factor de conversión alimenticia F.C.A final de 1.5. Para el segundo tratamiento en agua a 25‰ de salinidad una variación de temperatura de 28.5°C a 30.5°C, el oxígeno disuelto de 2.3 y 6.4 mg/L, con un peso acumulado de 74.6 gramos, un ritmo de crecimiento de 6.4 gramos cada cinco días, tasa de crecimiento promedio de 1.1 % gr/día, con supervivencia de 100% y un rendimiento productivo de 6943.8 libras/ha y el factor de conversión alimenticia final de 1.6. Por lo cual las tilapias obtuvieron un mejor crecimiento en aguas con 15‰ de salinidad.

## Índice

I.	INTRODUCCION.....	1
II.	OBJETIVOS.....	3
III.	HIPÓTESIS .....	4
IV.	LITERATURA REVISADA.....	5
4.1	Biología de la tilapia .....	5
4.1.1	Ciclo biológico de la tilapia.....	5
4.1.2	Madurez sexual.....	6
4.1.3	Morfología externa.....	6
4.2	Hábitos alimenticios .....	7
4.2.1	Alimento Complementario de la tilapia.....	9
4.3	Formas de Alimentar.....	10
4.4	Fisiología de la tilapia. ....	11
4.4.1	Osmoregulación y ciclos de vida.....	11
4.4.2	Cambio de salinidad.....	13
4.5	Historia del cultivo de la tilapia en agua salada.....	13
4.5.1	Aclimatación de tilapias a agua salada .....	14
4.5.2	Métodos de aclimatación a agua salada.....	15
4.6	Diferentes tipos de cultivo. ....	16
4.6.1	Cultivo Extensivo. ....	16
4.6.2	Cultivo Semi-intensivo. ....	16
4.6.3	Cultivo intensivo.....	17
4.6.4	Diversos sistemas de cultivo .....	17
4.7	Calidad del agua.....	19
4.7.1	Temperatura.....	19
4.7.2	Salinidad .....	20
4.7.3	Oxígeno disuelto.....	23
4.8	Aclimatación y siembra.....	24
4.9	Muestreos de población .....	25
4.9.1	Población .....	25

4.9.2	Crecimiento en peces.....	25
4.9.3	Ritmo de Crecimiento.....	30
4.9.4	Tasa de crecimiento.....	31
4.9.5	Sobrevivencia.....	32
4.9.6	Rendimiento productivo.....	32
4.9.7	Biomasa .....	33
4.9.8	Factor de Conversión Alimenticia .....	33
<b>V.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>34</b>
5.1	Localización del área de estudio.....	34
5.2	Dispositivo experimental.....	34
5.3	Toma de agua .....	34
5.4	Diseño experimental.....	34
5.5	Aclimatación y siembra:.....	35
5.6	Medición de Variables físico y químicas.....	36
5.6.1	Oxígeno disuelto.....	36
5.6.2	Temperatura.....	36
5.6.3	Salinidad .....	36
5.7	Medición de los parámetros poblacionales.....	37
5.7.1	Crecimiento acumulado.....	37
5.7.2	Ritmos de crecimiento (R.C).....	37
5.7.3	Tasa de crecimiento (T.C).....	37
5.7.4	Sobrevivencia.....	38
5.7.5	Rendimiento productivo (R.P).....	38
5.7.6	Factor Conversión Alimenticio (F.C.A).....	38
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
5.8	Factores Físico-Químicos.....	39
5.8.1	Oxigeno (OD) .....	39
5.8.2	Temperatura (T°C).....	40
5.8.3	Salinidad.....	41
5.9	Muestreos Poblacionales.....	43
5.9.1	Crecimiento Acumulado.....	43

5.9.2	Ritmo de Crecimiento (R.C.).....	44
5.9.3	Tasa de Crecimiento (T.C.).....	45
5.9.4	Sobrevivencia (Sv%).....	46
5.9.5	Rendimiento Productivo (R.P).....	47
5.9.6	Factor de Conversión Alimenticia (F.C.A.) .....	48
VII.	CONCLUSIONES.....	49
VIII.	RECOMENDACIONES. ....	50
IX.	BIBLIOGRAFIA .....	51
X.	ANEXOS .....	59

## I. INTRODUCCION

La tilapia se introdujo a Nicaragua en 1956 con el nombre de "Tilapia Mossambica", pero su cultivo se aumentó en los años 80 y actualmente se cultiva en por lo menos cinco lagos del país. (La Prensa, 2009). La tilapia es una especie de gran oferta y demanda en el país, su consumo es el más alto entre las especies de agua dulce. El análisis de mercado está basado en la tilapia común (gris y roja), que es la que se comercializa en el país. En Nicaragua, la tilapicultura en este momento es una actividad que se inicia, sin embargo Honduras sobresale como el productor más importante de tilapia del continente Americano. (Bravo *et al*, 2003)

La gran demanda de tilapia en los mercados internos e internacionales ha llevado a una mayor intensificación de los sistemas de producción y al uso de dietas específicamente balanceadas. Como en acuicultura el alimento se lleva más del 60% de los costos de producción, es importante el conocimiento de la nutrición y del manejo alimentario. Como la tilapia posee un hábito alimentario de amplio rango, y es un grupo altamente evolucionado, caracterizado por el cuidado de la progenie, los requerimientos nutricionales son algo diferentes a los de otras especies.

(Bhujel, 2002)

A nivel mundial la escasez de agua es un gran problema, y nuestro país no es la excepción ya que algunos departamentos presentan gran carencia de este vital líquido, al usarla en varias actividades como: consumo humano, la agricultura, la industria y también en la acuicultura. En este sentido uno de los objetivos en la acuicultura es el desarrollo biotecnológico y sustentable de los recursos naturales que lleven a las comunidades pesqueras a una mejor calidad de vida utilizando prácticas sustentables e innovadoras.

El aprovechamiento de los recursos costeros y la ampliación de los lugares de cultivo son muy importantes para el desarrollo de la acuicultura en Nicaragua. En las comunidades aledañas a esteros con poco potencial para la acuicultura en tierra adentro se puede aprovechar con el cultivo de jaulas flotantes y una especie en la que se puede desarrollar es la tilapia que soporta amplias variaciones de salinidad.

Según investigaciones la salinidad es uno de los factores físico-químicos que más varía ya sea por la temperatura o por las estaciones de año debido a las lluvias. En el cultivo de tilapia se realiza mayormente en agua dulce y la aclimatación de especies nativas de Nicaragua a agua salada no ha sido muy investigada. Cómo esta se desarrolla y si puede sobrevivir a salinidades más altas como las que se presentan en aguas salobres y oceánicas. Dentro de las limitantes para la producción de organismos acuáticos en las zonas costeras tropicales semi-tropicales, es la escases

de agua dulce, lo cual ha propiciado la búsqueda de alternativas para hacer uso eficiente de los ambientes salobres y marinos para la acuicultura; sin embargo, son limitados los conocimientos biotecnológicos de peces de hábitats marinos para ser cultivados bajo condiciones controladas. Por ello se han desarrollado diferentes pruebas con especies eurihalinas como las tilapias, a fin de conocer los efectos de la salinidad sobre el crecimiento.

Este trabajo investigativo beneficiara a todas las personas que se quieran dedicar al cultivo de organismos acuáticos en zonas costeras tropicales y semitropicales de Nicaragua ya que es un nuevo recurso económico para personas que habitan en lugares donde hay escasez de agua dulce.

## II. OBJETIVOS.

### **Objetivo general:**

Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de tilapias **Oreochromis niloticus** a dos distintos tipos de salinidad a 15 ‰ y 25 ‰.

### **Objetivos específicos:**

1. Determinar la variable físicas y químicas del agua con respecto a oxígeno disuelto, temperatura y salinidad en el crecimiento de tilapias en dos tipos de salinidades.
2. Evaluar el crecimiento acumulado, ritmos de crecimiento y tasa de crecimiento en el desarrollo de tilapias en agua salada.
3. Observar la sobrevivencia, rendimiento productivo y el factor de conversión alimenticia, en la producción de tilapias aclimatadas a 15 ‰ y 25 ‰ de salinidad.

### III. HIPÓTESIS

**H<sub>0</sub>:** El crecimiento de los juveniles de tilapias cultivadas a 15 ‰ de salinidad tendrá igual desarrollo que las cultivadas a 25 ‰

**H<sub>a</sub>:** El crecimiento de los juveniles de tilapias cultivadas a 15 ‰ de salinidad tendrá un mejor desarrollo que las cultivadas a 25 ‰

## IV. LITERATURA REVISADA

### 4.1 *Biología de la tilapia.*

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

La tilapia es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques o en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la potencialidad alimenticia de los estanques y puede ser manipulada genéticamente. (Wicki y Gromenida ,1997)

Clasificación	Taxonómica
Phylum:	Vertebrata
Sub Phylum:	Graneata
Súper clase:	Gnostomata
Serie:	Picis
Clase:	Teleastomi
Sub clase:	Actinosterigi
Orden:	Perciformes
Sub orden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Género:	Oreochromis
Especie:	O. Niloticus

(Trewavas, 1982)

#### 4.1.1 **Ciclo biológico de la tilapia.**

El ciclo biológico tiene su inicio a partir del apareamiento de los reproductores en donde la hembra deposita los huevos en el nido que el macho ha construido con su boca, recogiendo la arena del centro y colocándolo alrededor, luego el macho fecunda los huevos arrojando el esperma por encima de estos, luego de éste proceso la hembra toma los huevecillos en su boca, donde quedan adheridos en su mucosa bucal para ser incubados. El tamaño de estos huevos varía entre 2 mm y 4 mm, así como el número, dependen del tamaño de la hembra (peso).

Tabla.1 Talla y peso aproximado en diferentes estadios de desarrollo de la tilapia

<b>ESTADIO</b>	<b>TALLA(cm)</b>	<b>MASA(g)</b>	<b>TIEMPO EN DIAS</b>
Huevo	0,2 – 0,3	0,01	3 - 5
Alevín	0,7 – 1,0	0,10 – 0,12	10 - 15
Cría	3 – 5	0,5 – 4,7	15 - 30
Juvenil	7 – 12	10 - 50	45 - 60
Adulto	10 – 18	70 - 100	70 - 90

(Arredondo & Cols ,1994)

#### **4.1.2 Madurez sexual.**

La tilapia posee un tipo de reproducción dioica; es decir, los óvulos y espermatozoides se desarrollan en individuos separados, existiendo por lo tanto machos y hembras. La diferenciación de las gónadas en la tilapia ocurre en etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad, (tomando como referencia el primer día en que dejó de ser alevín). Desarrollando las gónadas femeninas de 7 a 10 días antes que las masculinas. Las tilapias alcanzan su madurez sexual a partir de los 3 a 4 meses en machos. La frecuencia de desoves varía considerablemente dependiendo de los factores ambientales, pudiendo ser desde 5 a 8 al año. Estos desoves tienen por rango de temperatura ideal la de 24°C a 34°C. Se reproducen en todo tipo de agua disminuyendo su capacidad reproductiva en aguas con salinidad. El número de huevos varía de 200 a 2 500, siendo el máximo alcanzado a los dos años de edad. Estos huevos son de tipo bentónico, asociado inicialmente al fondo, son de coloración amarilla si están fertilizados mientras que los no viables presentan un color blanco. La construcción de los nidos es opcional; en un estanque de tierra el macho puede construir un nido en forma de batea mientras que en un estanque de concreto limpia el área del nido. (Paz, 1997)

#### **4.1.3 Morfología externa.**

Cuerpo comprimido; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. Escamas cicloideas. Protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico. La longitud de la quijada superior no muestra dimorfismo sexual. El primer arco branquial tiene entre 27 y 33 filamentos branquiales. La línea lateral se interrumpe. Espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal. Aleta dorsal con 16 ó 17 espinas y entre 11 y 15 rayos. La aleta anal tiene 3 espinas y 10 u 11 rayos. Aleta caudal trunca. Las aletas pectoral, dorsal y caudal adquieren una coloración rojiza en temporada de desove; aleta dorsal con numerosas líneas negras. (Abdel- Fattah, 2006)

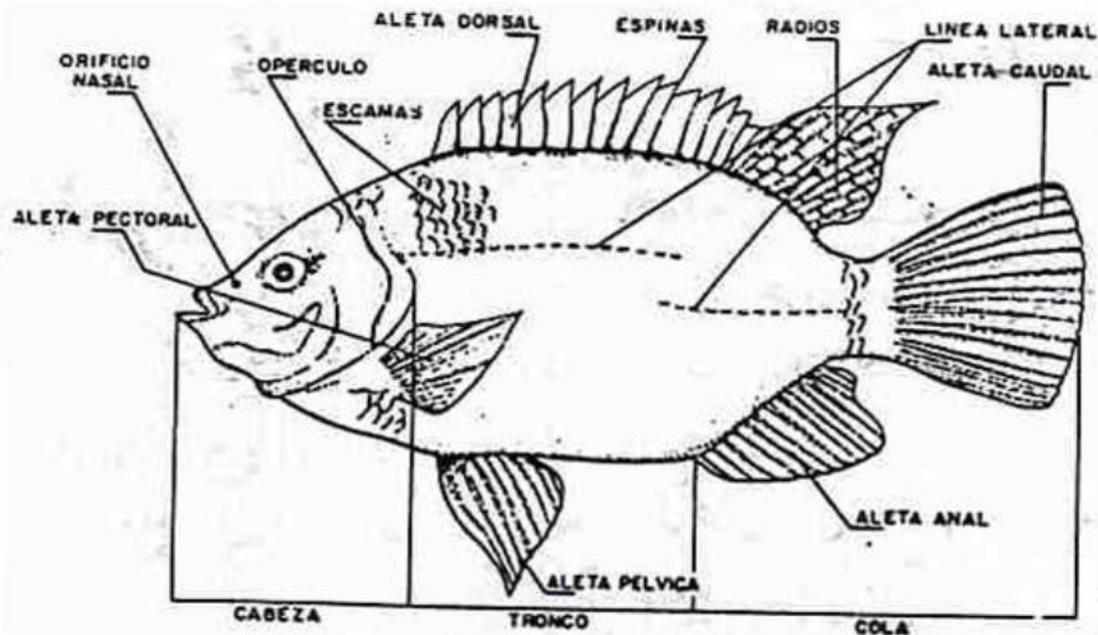


Figura N° 1 Morfología externa de la Tilapia.

La cabeza y la cola en si son pequeñas pero el macho posee la cabeza más grande que el de la hembra, algunas veces según la edad y crecimiento el macho presenta tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (dimorfismo sexual). La boca es ancha y protráctil, a menudo bordeado por labios gruesos. La mandíbula presenta pequeñísimos dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos, que le sirven para alimentarse de plantas. Pueden o no presentar un puente carnoso (conocido como freno), que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio. Pueden o no presentar membranas unidas por 5 a 6 branquiestegos y un número de branquiespinas. (Velarde, 1986 citado por Hurtado, 2001).

#### **4.2 Hábitos alimenticios.**

La tilapia del Nilo es una especie que se alimenta durante toda su vida de Plancton (plantas y animales microscópicos que flotan en el agua).

También suele consumir huevos, larvas, gusanos y ciertos peces pequeños (alevines), por lo cual es denominada como omnívora, por lo que en muchos países es utilizada para limpiar estanques de insectos dañinos y otras plagas.

Las tilapias son capaces de ingerir una amplia variedad de alimentos de origen natural, entre los cuales figuran el plancton, hojas verdes, organismos bentónicos, desperdicios domésticos (no todas las especies), torta de soya, semillas, frutas fraccionadas, invertebrados acuáticos, bacterias y tejidos no digeridos en el abono adicionado al estanque, larvas de peces, detritus y materia orgánica en

descomposición. En estanques con una carga considerable de alimento complementario, la producción natural aporta de un 30% a 50% del crecimiento de la tilapia. El término filtrador para estos peces está mal empleado ya que lo que en realidad sucede es que estos peces extraen del medio acuático el fitoplancton y zooplancton adhiriéndolo en la mucosa que rodea las agallas, formando un bolo de alimento el cual cuando posee un determinado tamaño, es ingerido por el pez.

(Paz, 1997).

Puede llegar a aceptar otros tipos de alimentos de origen natural como el polvillo de arroz, harina de soya, trigo, maíz, plantas acuáticas como la Lemna y en general todo resto de productos naturales; así como también acepta sin problemas los alimentos artificiales o balanceados. La tilapia tiene la facultad de obtener substanciales beneficios del alimento natural que pueda ingerir durante su alimentación debido a dos mecanismos: Dientes del complejo mandibular faríngeo que trituran los tejidos vegetales y el bajo pH que es capaz de romper las paredes celulares de las algas verde-azules. Asimismo, es capaz de aprovechar las proteínas (no utilizadas) eliminadas en las heces de otros animales. Todos estos procesos se llevan a cabo en el tracto digestivo que tiene más o menos unas 6 veces la longitud del pez.

La alimentación cesa a partir de los 16°C ó 17°C. Temperaturas menores a los 10°C son letales, aunque hay especies como la *O. aureus* que es tolerante a los 8°C ó 9°C. Temperaturas entre los 37°C y 38°C o más causa problema de estrés y mortalidad, aunque se han reportado tolerancias hasta los 40°C. Cabe mencionar que se han reportado un máximo letal de 42°C, (Klinge & cols, 2000 citado por Hurtado N. 2001).

En la producción comercial de peces, la alimentación tiene una prioridad de mucha importancia para el crecimiento y desarrollo de los peces y para la producción y productividad del estanque, por lo que se recomienda el alimento natural, que puede ser producido sin mucho costo, además de aportar una muy buena cantidad de proteínas, vitaminas y otros factores de crecimiento, los cuales se encuentran en menor proporción en los alimentos complementarios simples, los cuales incrementan además los costos de producción.

Para favorecer la producción de alimento natural (algas), es utilizado en la actualidad diferentes compuestos y métodos como el abonamiento de los estanques de cultivo; el abonamiento constituye una forma de reciclaje de los desechos orgánicos dentro de los estanques piscícolas.

Entre los desperdicios usados para fertilizar estanques tenemos: los excrementos de cerdos, patos, ganado vacuno, etc. entre otros, los cuales han sido utilizados en países asiáticos, Europa Central, Israel y los Estados Unidos. El uso de materia orgánica como fertilizante en los estanques de cultivo puede ser aplicado en diferentes formas: como compost, como estiércol líquido y como estiércol fresco no tratado; lográndose así al final altas producciones.

Actualmente también es posible utilizar la materia orgánica proveniente de las aguas residuales domésticas, previamente tratadas; aprovechándose tanto el agua que muchas veces hace falta en zonas desérticas, como la materia orgánica, la cual es degradada y transformada por acción de las bacterias en compuestos más simples y nutritivos, que son aprovechados por las micro algas, llegándose a producir una buena cantidad de alimento natural, a la vez que van a oxigenar los estanques de cultivo, lo que es aprovechado por los peces disminuyendo así los costos de producción; las aguas residuales normalmente irían a parar a los ríos y costas marinas contaminándolas y perjudicando la salud de la población costera. Todo esto es posible siguiendo las normas de sanidad y calidad establecidas por la Organización Mundial de la Salud, la cual avala estos sistemas de reutilización y cuidado del medio ambiente, (Ludwoig, 1989 citado por Hurtado, 2001).

#### **4.2.1 Alimento Complementario de la tilapia.**

Es un alimento artificial, que ayuda al alimento natural sirviendo para incrementar el nivel de proteínas, vitaminas o cualquier requerimiento que es escaso o faltante en el alimento que se utiliza como base.

Características del alimento

Además de cubrir los requerimientos nutrimentales del pez, el alimento suministrado debe cubrir otras exigencias:

- 1- Tamaño: Que pueda ser ingerido por el pez.
- 2- Palatabilidad.: De sabor agradable al pez.
- 3- Flotabilidad: Se mantenga en la superficie del agua el mayor tiempo posible para que el acuacultor pueda observar si lo consume el pez.
- 4- Estabilidad: Que no se desbarate al contacto con el agua.
- 5- Cumplir con todos los requerimientos de las normas que rigen la calidad del mismo. (Cantor, 2007)

La tasa de alimentación debe ser actualizada cada semana.

La cantidad de alimento diario a suministrar debe dividirse en raciones. El número de raciones a proporcionar será en base la etapa de crecimiento, siendo mayor la cantidad de raciones al día cuando el pez esta en etapas iniciales, y en menor cantidad conforme éste va creciendo, como se indica en la tabla siguiente:

Tabla. 2 Raciones de alimento por día para tilapia.

Etapa	Peso del pez	Raciones al día
Desarrollo	0.5 a 50 gramos	6
Pre-engorda	50 a 200 gramos	4
Engorda	200 a 500 gramos	3

(Arredondo et al, 1994)

#### **4.3 Formas de Alimentar.**

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:

##### 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.

##### 2. Alimentación de L.

Dos orillas del estanque. Este sistema de alimentación es sugerido para animales de 50 a 100 52 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.

### 3. Alimentación periférica.

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

### 4. Alimentadores automáticos

Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con timer horario, con bandejas, etc. Sin embargo, por su costo elevado se convierten en sistemas antieconómicos y sirven solamente en explotaciones donde se sobrepase la relación costo beneficio.

### 5. Horas de Alimentación.

Debido a que los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos.

En cultivos extensivos a semi-intensivos no es recomendable agregar una cantidad de alimento cuyo consumo supere los 15 minutos, ya que esta misma abundancia tiende a que el animal coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento. En sistema intensivo a super-intensivo el alimento debe permanecer menos de 1 a 1.5 minutos.

La transición de la dieta de los juveniles a la del adulto puede darse gradual o abruptamente. La dieta natural de las tilapias adultas es omnívora, sin embargo, varía según la especie. (Cantor, 2007).

## **4.4 Fisiología de la tilapia.**

### **4.4.1 Osmoregulación y ciclos de vida.**

La capacidad de Osmoregulación está directamente relacionada con la distribución de los organismos acuáticos, con los ciclos de vida y con su comportamiento reproductivo. En peces que migran regularmente entre el agua de mar y dulce (como el salmón y la anguila), el epitelio branquial cambia para adaptarse a la salinidad ambiental. Estos peces captan activamente NaCl del agua dulce y lo excretan activamente del agua de mar por los mecanismos que ya se han descrito. La adaptación fisiológica de las branquias supone la síntesis o la destrucción de componentes moleculares de los sistemas de transporte epiteliales, y cambios de la morfología y número de células del cloro. La regulación osmótica está mediada por hormonas, que afectan a la diferenciación celular y al metabolismo. La hormona esteroide cortisol y la hormona del crecimiento estimulan los cambios de la estructura

branquial asociados a la transición del agua dulce a la marina, mientras que la prolactina estimula los cambios de la estructura branquial que acompañan el paso inversión (Hill, 1976 y Jobling, 1995).

Los organismos deben de adaptarse fisiológicamente a su ambiente durante todos los estadios de su ciclo de vida, y muchos organismos, presentan estadios de vida en diferentes ambientes acuáticos. Los huevos y las larvas de muchos organismos acuáticos no poseen las estructuras de Osmorregulación que presentan los adultos. Estas estructuras presentan un desarrollo anatómico y fisiológico gradual; como los juveniles de salmones y de anguilas, en donde los mecanismos de Osmorregulación se desarrollan paulatinamente, permitiendo a los pre adultos retornar al ambiente original para madurar antes de realizar el viaje de regreso para continuar con el ciclo reproductivo. El salmón del Atlántico (*Salmo salar*), puede realizar varios viajes río arriba para desovar durante su vida (Prosser, 1978 y Jobling, 1995).

La capacidad osmoreguladora cambia a lo largo de la vida de algunos organismos acuáticos, y esto representa una adaptación al ambiente acuático en general. La baja permeabilidad de la membrana de los huevos de muchos peces de agua dulce protege la viabilidad de los mismos, ya que en muchos de los casos son hiperosmóticos. Las larvas de muchos peces e invertebrados euryhalinos sobreviven en rangos mucho más estrechos de salinidad que los adultos. Mientras que la habilidad osmoreguladora de los juveniles es ocasionalmente mayor a la de los adultos (ejemplos: camarones y cangrejo araña), la alta regulación osmótica representa una ventaja adaptativa que permite a estadios tempranos distribuirse en ambientes estuarinos y tener acceso al alimento y al refugio (Hill, 1976).

La conformación de la membrana celular cambia estructuralmente para mantener la constancia relativa del medio interno, ante condiciones de cambio de salinidad, presión hidrostática y de temperatura. A partir de cambios a nivel de los fosfolípidos, la permeabilidad se ajusta para favorecer energéticamente el proceso de Osmorregulación. La bomba  $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPasa}$  es afectada por los componentes estructurales de la membrana. Por lo cual, no es sorprendente que la enzima parezca tener un absoluto requerimiento de fosfolípidos, y que la unión con los fosfolípidos de un radio específico, conduzca a la conversión de la enzima de su forma inactiva a una forma completamente activa. La modulación del transporte activo está directamente relacionada con las adaptaciones fisiológicas a bajas temperaturas en donde la enzima  $\text{Na}^+ \text{K}^+ \text{ATPasa}$  es activada para incrementar la presión osmótica interna, y así disminuir el punto de congelación de los fluidos extracelulares. Si el proceso de formación de hielo se iniciara, las sales serian

excluidas y bajarían nuevamente el punto de congelación protegiendo la estructura celular (Randall, et, al, 1998).

#### **4.4.2 Cambio de salinidad.**

Los organismos euryhalinos pueden mantener sus fluidos a una concentración diferente a la del medio (osmoreguladores), o permitir que sus fluidos lleguen a ser isosmóticos con el medio (osmoconformes). La Osmorregulación representa un costo energético adicional que puede actuar de dos maneras generales: A) mantenerse hipertónicos al medio diluido, y prácticamente isotónicos al ambiente concentrado. B) en una categoría más limitada de formas, incluyendo a los teleosteos euryhalinos y camarones, los cuales se mantienen hipotónicos a altas salinidades e hipertónicos a baja salinidad (Randall, 1998 y Hill 1976).

En casos extremos de cambio de salinidad hay solo una distinción marginal entre osmoreguladores y osmoconformes. Ya que la respuesta adaptativa de los organismos euryhalinos para la regulación osmótica incluye alguna o todos los siguientes mecanismos:

1. La regulación de volumen y la flexibilidad en la tasa de la producción de orina.
2. La regulación de los niveles de aminoácidos y de iones orgánicos para mantener el volumen celular dentro de un límite estrecho.
3. Mantenimiento de los fluidos hipertónicos al medio diluido por medio de:
  - Transporte activo de iones orgánicos hacia el animal para reemplazar los iones perdidos por difusión a través de la superficie corporal y por la orina.
  - Producción de una orina hipotónica a los fluidos del cuerpo.
  - Reducción de la permeabilidad superficial al agua y a las sales.

(Hill, 1976).

#### **4.5 Historia del cultivo de la tilapia en agua salada.**

Los primeros estudios sobre la posibilidad de cultivar tilapia en agua salada se realizaron en Hawaii en 1950, en un intento de garantizar la disponibilidad y la estabilidad de precios de la carnada viva que era necesaria para la pesquería de túnidos de la flota varera (Hida et al 1962).

Con esta finalidad, se mantuvieron cultivos intensivos de *O. mossambicus* en tanques con agua salobre, con una salinidad de entre 10-15%. Los resultados de sobrevivencia y de crecimiento que se obtuvieron en esas condiciones con esta

especie fueron superiores a los logrados en agua dulce, con lo cual quedó de mostrada la factibilidad de su cultivo en agua salobre.

En forma prácticamente paralela se llevaron a cabo otros experimentos a pequeña escala en Israel, mediante los cuales se pudo demostrar que también otras tilapias, como por ejemplo *O. aureus* y *T. zillii* tienen una elevada capacidad de adaptación a salinidades diferentes, desde aguas salobres hasta condiciones completamente marinas por lo cual se sugirió evaluar la conveniencia de utilizarlas para fines de acuicultura en este tipo de ambientes (Chervinski y Zorn, 1974).

Aunque mediante estos primeros estudios se concluyó que era factible cultivar todas estas especies de tilapia en agua de mar, esta posibilidad no fue aprovechada a nivel comercial hasta mediados de los 80's, cuando se despertó el interés de los mercados internacionales para la tilapia, que antes se destinaba principalmente al autoconsumo o a los mercados locales.

A partir de ese período se llevaron a cabo varios estudios adicionales, que tenían la finalidad de definir las especies y las variedades más apropiadas para su cultivo en el ambiente marino, el cual fue considerado como una industria alternativa interesante para fomentar el desarrollo económico en zonas áridas de la costa, que de otra manera hubieran quedado marginadas o subutilizadas (Watanabe et al, 1997).

#### **4.5.1 Aclimatación de tilapias a agua salada.**

Es necesario considerar que, a pesar de su reconocida eurihalinidad, todas las especies de tilapia son de origen dulceacuícola, por lo cual viven y se reproducen normalmente en cuerpos de agua continentales. Por este motivo, la concentración de las sales disueltas en las aguas salobres o marinas puede ser un factor importante de estrés, en especial para larvas y juveniles, cuyo impacto debe ser evaluado para cada especie que se desee cultivar en este tipo de ambientes; además, es necesario verificar su línea genética, que pudiera resultar en diferentes respuestas, debido a diferentes grados de interacción entre genotipo y medio ambiente.

En efecto, varios estudios con diferentes especies (*O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus*) y con varios híbridos como *O. mossambicus* x *O. niloticus* y *O. urolepis hornorum* x *O. mossambicus* han demostrado que, aparte de la especie y de la línea genética, tanto la edad y la talla o el peso de los alevines, como el protocolo que se utiliza durante el proceso de aclimatación, influyen en la sobrevivencia de los organismos en agua de mar.

En general, se ha encontrado que las crías son menos tolerantes a la salinidad que los individuos más grandes, por lo cual la determinación de la edad o talla óptima para proceder a la transferencia al nuevo ambiente es crítica para asegurar la máxima sobrevivencia de los organismos en cultivo (Watanabe et al, 1985a).

Mediante diferentes estudios sobre la halo tolerancia de algunas especies de tilapia de importancia comercial, se pudo verificar que en general los adultos toleran la transferencia directa de agua dulce (0-2%) a agua salada (> 32 %) Por otra parte, se ha encontrado que si las crías de la tilapia roja de Florida son transferidas de 1.5, 2.0 % a 19 % de salinidad, manifiestan reacciones de estrés y reacciones similares se han reportado también para los alevines de otras especies halotolerantes, como *O. mossambicus*, *O. aureus* y para el híbrido de esta especie con *O. niloticus*.

Los diferenciales máximos de salinidad que se han reportado como viables para el proceso de transferencia directa de los juveniles de tilapia desde agua dulce a agua salada, sin una aclimatación previa, varían tanto en dependencia de la especie como de la edad, de 15 a 20 %, entre 18 y 23 % (Watanabe et al., 1985a).

#### **4.5.2 Métodos de aclimatación a agua salada.**

El incremento gradual de la salinidad es el método más utilizado para aclimatar un gran número de especies al agua salada aunque, dependiendo de la especie, esto requiere en general de períodos de dos a cinco días, lo cual eleva el costo de este proceso debido al mayor uso de agua y de mano de obra.

Por este motivo, la tolerancia a la salinidad de las diferentes especies de tilapia se ha estudiado usando diferentes métodos de aclimatación; por ejemplo, (Suresh y Lin 1992) reportan para *O. aureus* una tolerancia a salinidades superiores a 51.8% con una aclimatación gradual, mientras que cuando la transferencia fue directa, se registraron mortalidades elevadas a partir de 21 % (Watanabe et al., 1997).

En general, los límites de tolerancia a una transferencia directa para varias especies de tilapia es alrededor de 18 % (Perschbacher y McGeachin, 1988). Sin embargo Hopkins, Rhida, Leclercq, Al-Ameerii y Al-Ahmad (1989) concluyeron que una tasa de incremento de 5 % de salinidad por día es más efectiva para la adaptación de *O. spilurus* al agua salada y este mismo procedimiento se utiliza normalmente a nivel comercial para aclimatar a los alevines de la tilapia roja de Florida (*O. urolepishornorum* x *O. mossambicus*) (Watanabe et al., 1988).

En otro trabajo realizado por Villegas (1990) con *O. mossambicus*, *O. niloticus* y sus híbridos para evaluar la tolerancia a la salinidad, se determinó que ésta se incrementa con la edad y por consecuencia con el peso de los organismos, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Watanabe et al. (1985b) con *O. niloticus*, *O. aureus* y *O. mossambicus* (hembras) x *O. niloticus* (machos).

En un estudio similar con la tilapia roja de Florida, en el cual se determinó la tolerancia a la salinidad con peces de diferentes edades, los resultados demostraron que, aunque la transferencia directa al agua marina es factible, es necesario considerar el posible impacto económico de este procedimiento, ya que el porcentaje de sobrevivencia de los organismos puede disminuir notablemente cuando estos son demasiado pequeños.

Por este motivo, es necesario definir, cual es la edad de transferencia más adecuada para cada especie, con base en el conocimiento de las variaciones de su tolerancia a cambios bruscos de la osmolalidad del medio, las cuales son de origen ontogenético (Watanabe et al., 1990b).

#### **4.6 Diferentes tipos de cultivo.**

##### **4.6.1 Cultivo Extensivo.**

Este tipo de cultivo se desarrolla por lo general con muy baja inversión, en donde se espera proporcionar a la población un alimento de bajo costo, en donde no es importante la talla final del pez, en tanto sea comercial, ni tampoco el tipo de alimento utilizado en su producción. En este sistema se utilizan densidades de 0.5 a 3.0 peces por m<sup>2</sup>, dependiendo del tamaño del pez se utilizan estanques de 1-5 hectáreas con poco recambio. Se utilizan fertilizantes orgánicos como gallinaza, cerdaza, vacaza, etc. en la actualidad se están utilizando subproductos agrícolas como alimento complementario, como por ejemplo (arroz), acemite de trigo, etc. la producción de este sistema suele ser de 4000-10000 kg/ha/año, con factores de conversión de 1-1.4. (Cantor, 2007)

##### **4.6.2 Cultivo Semi-intensivo.**

En este sistema de producción se utilizan estanques de 0.5 a 3 hectáreas con recambios del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo del grado de intensidad 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 org/m<sup>2</sup> obteniendo una producción en el rango de 20 a 50 ton/ha/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 este sistema se utiliza alimento peletizado o extruido, con niveles de proteína desde 35 a 30% de proteína dependiendo de la fase de producción. (Cantor, 2007)

#### **4.6.3 Cultivo intensivo.**

En este sistema se utilizan estanques pequeños de 500 a 1000 m<sup>2</sup> con alto recambio de agua (recambios de 250 a 600 l/s). En este sistema las densidades de peces se encuentran en el rango de 80-150 org/m<sup>3</sup>, lo que equivale a cargas máximas de hasta 90 kg/m<sup>3</sup>. En los cultivos intensivos la cantidad y calidad del agua suministrada a los peces es sumamente importante, así como el cuidado y atención que se le debe proporcionar al sistema. Para asegurar el inventario y la producción de peces se debe contar con grandes reservorios de agua, sistemas de bomba que permitan reciclar el agua y la utilización de aireadores en los estanques. En este sistema es de gran importancia conocer constantemente el oxígeno disponible para el cultivo de la tilapia y poder ajustarlas densidades, tasa de alimentación y reducir así la mortandad. En el cultivo intensivo de tilapia el oxígeno disponible es de gran importancia. La concentración del oxígeno en la salida de los estanques debe ser mayor a 3.5 mg/l para asegurar una buena incorporación de nutrientes en el organismo y de poder realizar los procesos metabólicos. En este sistema se utilizan alimentos extruidos flotantes con niveles de proteína de 30-35% con alta molienda, con porcentajes definidos menores a 1%, y tamaños variados dependiendo del tamaño del pez (tamaños de 1.5x1.5 mm para peces pequeños y 4x4 mm para peces adultos). La producción del sistema intensivo va a depender de la cantidad de agua disponible, así como de sus características. En un cultivo intensivo se pueden producir en un rango de 200-400 toneladas. De pez/m<sup>3</sup>/año. (Cantor, 2007)

#### **4.6.4 Diversos sistemas de cultivo**

La gran diversidad de ámbitos en los que se puede desarrollar la actividad acuícola, conduce a la aplicación de medidas específicas para impulsar los diferentes modos de producción. En los últimos 15 años la situación ha cambiado paulatinamente, iniciándose una nueva etapa que tiende a superar el modelo del extensionismo o repoblación acuícola (OSTIMEX, 1997 citado por Carabias, 2000).

##### **4.6.4.1 Cultivo en estanques rústicos**

Los estanques rústicos son artificios de cultivo excavados en tierra que poseen estructuras especiales para el llenado y vaciado de aguas en forma individual. La intensidad del cultivo y el tamaño de los estanques dependerán de la magnitud del proyecto y del ámbito socioeconómico en que este se lleve a cabo. La engorda se efectuara en estanques cuya superficie se recomiende sea mayor de 0.5 ha. La

densidad de población dependerá de la cantidad y calidad de los fertilizantes, la fertilización puede realizarse con sustancias inorgánicas y orgánicas. Las inorgánicas, tales como fertilizantes sintéticos contienen nitrógeno, fósforo y potasio, aumentan los nutrientes necesarios para el desarrollo del fitoplancton, mismo que constituye la base de la cadena alimenticia. Los orgánicos son los abonos, esquilmos verdes, estiércoles animales y desechos agroindustriales. Esta fertilización permite subsistir parcialmente, es un complemento del alimento básico y se aplica en dosis de aproximadamente 100 kg/ha/día. En estos estanques es posible alcanzar una densidad de 10,000 peces/ha para obtener producciones de 3 a 5 ton/ha/ciclo de cultivo (Arredondo y Lozano, 1996).

#### **4.6.4.2 Cultivo en corrales y jaulas flotantes**

El cultivo en jaulas puede definirse como la engorda de peces desde estadios juveniles hasta tallas comerciales en un área restringida y delimitada por mallas que permiten el libre flujo de agua. El tamaño de la jaula va a depender del tamaño del encierro. Para la engorda, el volumen de las jaulas puede variar entre 6 y 20m<sup>3</sup> cuando el cultivo se realiza en forma muy sencilla mientras que en los cultivos más tecnificados los volúmenes fluctúan entre 50 y 100m<sup>3</sup>. Mediante este sistema es posible obtener de 2 a 3kg/m<sup>3</sup> en cuerpos de agua con buen recambio (Arredondo y Lozano, 1996).

#### **4.6.4.3 Cultivo de alta densidad en estanques circulares**

La operación de este sistema implica normalmente costos elevados, por lo tanto, solo es rentable cuando el precio de venta del producto es comparativamente alto. La productividad de estos sistemas puede alcanzar hasta 25kg/m<sup>3</sup>/mes. Generalmente se utilizan para la engorda una vez que los juveniles han alcanzado 50-75 g. Permanecen en ellos 4 meses hasta que alcanzan la talla de cosecha.

La necesidad de cultivar tilapia con mayor eficiencia originó varias alternativas en el diseño y construcción de estanques circulares, con los cuales se han logrado diferentes grados de tecnología para la producción de crías y engorda. Los diferentes diámetros de los estanques y tipos se clasifican convencionalmente por el volumen de producción en relación al área del estanque (kg/m<sup>2</sup>). La limitante que presenta este tipo de estanques, es que dependiendo del manejo, los volúmenes de producción tienden a variar con facilidad. Una característica importante es este tipo de producción, es que además del suministro de alimento balanceado, se debe mantener un estricto control sanitario de los estanques y de las instalaciones en general (Arredondo y Lozano, 1996).

La elección del sistema más conveniente dependerá de las instalaciones, del dominio tecnológico que se desee aplicar y de las características del mercado que se va a atender (Camacho, 1997 citado por Carabias, 2000).

#### **4.7 Calidad del agua**

Según Boyd 1990, 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.

Esta calidad, estará fuertemente influenciada por las prácticas del manejo realizado en los estanques; donde se incluye, por ejemplo, la densidad de siembra, las estrategias adoptadas para su fertilización, la alimentación suplementaria ofrecida, la toma de datos sobre las variables físicas y químicas, etc. O sea, que los cultivos pueden manipularse, así como las variables ambientales y químicas, en función de la producción a obtener; impidiendo su limitación por medio de procesos físicos o químicos como la aireación, el encalado o el recambio de agua. Es decir, que la manipulación en el manejo, es la mejor herramienta en una producción semi-intensiva en camarones y peces y significa una importante limitante de no efectuarse correctamente.

##### **4.7.1 Temperatura.**

La temperatura es una magnitud que refleja el nivel térmico de un cuerpo (su capacidad para ceder energía calorífica) y el calor es la energía que pierde o gana en ciertos procesos (es un flujo de energía entre dos cuerpos que están a diferentes temperaturas).

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

La temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la fisiología, crecimiento, reproducción y metabolismo de tilapia. La temperatura es de primera importancia en las regiones templadas y subtropicales, que se caracteriza por las fluctuaciones estacionales en la temperatura de agua. El rango de temperatura para la reproducción normal y crecimiento de tilapia es aproximadamente 20 a 35°C, mientras dependiendo de las especies del pez, con un rango óptimo de aproximadamente 25-30°C. La tilapia también puede tolerar temperaturas tan bajo como 7-10°C, pero sólo para los períodos breves. (Balarin y Haller, 1982).

El rango óptimo de temperatura para la especie *Oreochromis niloticus* es de 27-30. Bajo de 10 es letal y superior a 42 es letal. (Denzer, 1968).

#### 4.7.2 Salinidad

La salinidad es una propiedad importante de aguas usadas industriales y de cuerpos de agua naturales. Originalmente este parámetro se concibió como una medida de la cantidad total de sales disueltas en un volumen determinado de agua. Dado que la determinación del contenido total de sales requiere de análisis químicos que consumen mucho tiempo, se utilizan en substitución métodos indirectos para estimar la salinidad. Se puede determinar la salinidad de un cuerpo de agua a base de determinaciones de: conductividad, densidad, índice de refracción ó velocidad del sonido en agua.

La Tabla 3 nos presenta la abundancia relativa de los iones más comunes en cuerpos de agua dulce y en aguas oceánicas. Los iones y los elementos presentes en cuerpos de agua naturales se originan de procesos de mineralización y desgaste de las rocas que forman la corteza terrestre y de emanaciones del manto terrestre, a través de la actividad volcánica. El agua de mar está compuesta en promedio de un 96.52% de agua y un 3.49% de sustancias disueltas (mayormente sales). La abundancia relativa de los iones es constante en aguas oceánicas bien mezcladas. No obstante, hay variaciones en el contenido total de sales entre aguas oceánicas de latitudes altas y bajas. Al mismo tiempo, hay diferencias en la salinidad a lo largo del perfil de profundidad. El contenido de los iones de Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>=</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, y K<sup>+</sup> representa más del 99% del total de sales en el océano. El ión de sodio es el catión más abundante en agua de mar (aproximadamente 30.4%), mientras que el ión cloruro es el anión principal (aproximadamente 55.2%). Los constituyentes menores del agua de mar están indicados en la Tabla 10. Es conveniente aclarar que la composición iónica de los lagos salados, originados por la evaporación de agua dulce, es muy diferente a la del océano.

En agua de mar el cloruro de sodio es la sal dominante, mientras que en los lagos salados predominan las sales de calcio, magnesio, sulfatos y carbonatos.

Tabla. 3 Composición de iones para cuerpos de agua dulce y agua salada.

Iones	Agua dulce (mg/l)	Agua de mar (mg/l)
Aniones:		
CO <sub>3</sub> =	58.4	140
SO <sub>4</sub> =	12.2	271
Cl-	7.8	19,440
TOTAL	77.4	22,290
Cationes:		
Ca <sup>++</sup>	15.0	410
Mg <sup>++</sup>	4.1	1,300
Na <sup>+</sup>	6.3	10,810
K <sup>+</sup>	2.3	390
TOTAL	27.7	12,910

Webber y Thurman (1991).

Las concentraciones de iones para cuerpos de agua dulce representan valores promedios para ríos. No obstante, es conveniente aclarar que hay una variación significativa de un cuerpo de agua dulce a otro, como resultado de diferencias en condiciones climáticas, geografía, topografía actividad biológica y el momento seleccionado para hacer el análisis. El suelo y el desgaste o mineralización de rocas son fuentes edáficas de iones para los cuerpos de agua dulce y eventualmente para los cuerpos salados.

Las sales presentes en agua de mar pueden ser agrupadas en dos categorías: elementos conservativos y elementos no-conservativos. En el primer grupo se incluyen todas aquellas sales que presentan una concentración relativamente constante en cualquier ambiente. Los elementos no-conservativos presentan variaciones en su concentración relativa de tipo temporal y espacial. Dichas variaciones responden mayormente a la incorporación selectiva de dichos elementos por parte de los componentes bióticos del ecosistema. Nitrógeno (en forma de nitratos), fósforo (en forma de fosfatos) y el silicio, resultan ser los elementos no-conservativos más importantes del ambiente marino. Nitrógeno y fósforo resultan ser nutrientes esenciales para todo organismo y factores limitantes de la productividad primaria en el ambiente marino, dada sus bajas concentraciones. La concentración de fósforo y nitrógeno en áreas costeras que reciben el impacto de actividades antropogénicas (ej. descargas de aguas usadas provenientes de industrias plantas de tratamiento de desperdicios domésticos y municipales) puede ser relativamente altos, dando margen a la contaminación y una alta tasa de productividad primaria en

dichas áreas. Por otro lado, el silicio es un nutriente esencial para los fototrofos con paredes formadas por silicatos (ej. diatomeas) y para heterótrofos con cubiertas o esqueletos externos formadas por silicatos (radiolarios, silicoflagelados, esponjas silíceas). Este nutriente es, a su vez, un factor limitante para la actividad fotosintética de diatomeas, dada su baja solubilidad en agua.

Tabla.4 Constituyentes inorgánicos menores del agua de mar.

ELEMENTO	CONCENTRACION (ppm)*
Br	65
C	28
Sr	8
B	4.6
Si	3
F 1	
Elementos traza ( N2, Li, Rb, P, I, Fe, Zn, Mo )	< 1 ppm

\* ppm (mg/L)

Dentro de los constituyentes menores del agua de mar encontramos elementos no-conservativos como el silicio, nitrógeno (nitratos), y el fósforo (fosfatos). Estos son a su vez factores limitantes de la productividad primaria.

La mayoría de las otras sustancias químicas que son esenciales para los organismos vivos (ej. Mg, Fe, Cu, I, Fl, B, Zn, Mn Co, Ni, Mo) no son consideradas como factores limitantes en el ambiente marino, aun cuando están presentes en cantidades trazas. Una excepción a esta norma lo constituye el vanadio. El caso del vanadio resulta interesante por cuanto las formas ionizadas de este metal son tóxicas para muchas formas de vida incluyendo los microorganismos. La abundancia de organismos como los tunicados y algunos holoturianos, los cuales concentran vanadio en sus fluidos, puede verse limitada por la escasez de dicho elemento en el ambiente marino (McConnaughey, 1978).

Los cuerpos de agua se pueden tipificar de acuerdo con su contenido total de sales (Tabla 11). Los rangos establecidos para identificar las diferentes categorías no son absolutos. Estos representan límites arbitrarios que nos ayudan a distinguir un ambiente de otro. Tipos de Cultivo.

Tabla.5 Clasificación cuerpos de agua en función de la salinidad.

SALINIDAD (‰)	Tipo de agua
0 - 0.5	agua dulce
0.5 - 3.0	agua salobre oligohalina
3.0 – 10	agua salobre mesohalina
10 - 17	agua salobre polihalina
17 – 30	agua de mar oligohalina
30 - 34	agua de mar mesohalina
34 - 38	agua de mar polihalina
38 - 150	Salmuera
> 150	Hipersalina

Son especies eurihalinas por lo que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas. Esta característica se debe a que las tilapias son peces de aguas dulces que evolucionaron a partir de un antecesor marino; por lo que conservan en menor o mayor grado la capacidad de adaptarse a vivir en aguas de diferentes concentraciones de salinidad. (Kirk, 1972).

Esto puede explicar la habilidad de la mayoría de las especies del tilapia y el híbrido para tolerar una gama amplia de salinidad de agua. Ellos normalmente pueden crecer y pueden reproducirse en el agua salobre. Algunas especies incluso pueden crecer y pueden reproducirse a la salinidad de agua muy alta. Pero la tolerancia de sal necesariamente no indica las condiciones convenientes para la producción máxima. La investigación extensa se ha dirigido en la tolerancia y adaptabilidad de tilapia para regar la salinidad. La información disponible indica que esa tolerancia de sal depende de las especies del tilapia, tensiones y tamaño, tiempo de adaptación, factores medioambientales y situación geográfica (Philippart y Ruwet, 1982).

El intervalo óptimo de la salinidad para la especie *oreochromis niloticus* es de 5– 15. (Payne y Collinson, 1983).

#### 4.7.3 Oxígeno disuelto.

El oxígeno disuelto (OD) es uno de los factores ambientales que afectan a las limitantes alimentaciones de los peces, el crecimiento y el metabolismo. La fluctuación de OD se ve afectada por la fotosíntesis, la respiración y la fluctuación pes. Estos factores deben ser considerados plenamente en la importancia del OD.

El OD del ambiente tiene una variedad, el cual produce el mejor rendimiento de los peces, mientras que niveles bajos de OD limita la respiración, el crecimiento y otras actividades metabólicas de los peces.

La tilapia es conocida por soportar niveles muy bajos de OD. La mayoría de las tilapias pueden tolerar niveles no tan bajo como 0.1 a 0.5 mg / l durante períodos variables de tiempo. (Tsadik y Kutty, 1987).

Incluso pueden sobrevivir en cero la concentración de oxígeno, si se les permite el acceso a aire de la superficie. Pero la tilapia generalmente sufre de una alta mortalidad si no llegan a un aire de la superficie. Por otro lado, la tilapia puede tolerar condiciones de sobresaturación de oxígeno (hasta 400%), que generalmente se produce debido a la alta fotosíntesis resultante de fitoplancton y floración de micrófitos. (Morgan, 1972).

#### ***4.8 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. (Saavedra, 2006)

Se les aclimata a las salinidades de 15‰, 25‰, iniciando en agua dulce e incrementándose la salinidad en 5‰ por día hasta alcanzar los valores ya mencionados. se realizan recambios de agua diarios del 30%. Para ello se realiza la mezcla de agua previamente a fin de mantener la concentración de salinidad deseada en cada grupo. Se proporciona aireación continua con un aereador de 3.5 HP, que brinda concentraciones de oxígeno disuelto superior a 5 mg/l. (Mena et al, 2001)

Tabla. 6 Límites y óptimos de los parámetros de calidad del agua para la tilapia.

Parámetro	Intervalo	óptimo para el crecimiento	Referencia
Salinidad, partes por mil	Hasta 36	Hasta 19	El-Sayed (2006)
Oxígeno disuelto , mg/ l	Abajo a 0,1	> 3	Magid and Babiker (1975); Ross (2000)
Temperatura, C °	8-42	22-29	Sarig (1969); Mires (1995)
pH	3.7-11	7-9	Ross (2000)
El amoníaco, mg / L	Hasta 7.1	< 0.05	Redner and Stickney, (1979)

#### **4.9 Muestras de población.**

##### **4.9.1 Población.**

En acuicultura es un grupo de peces que tienen un origen común. El término en ecología lo define como un grupo de individuos de una especie, que ocupan un área definida y por lo general está parcialmente aislado de otros grupos de la especie. Dentro de la estadística se estudia una colección de unidades. Estas unidades pueden ser personas, sitios, objetos, períodos, drogas, procedimientos o muchas otras cosas. La mayor parte de la estadística se ocupa de la estimación de las propiedades numéricas (parámetros) de una población entera a partir de una muestra aleatoria de unidades de dicha población. (Crespi y Coche 2008)

##### **4.9.2 Crecimiento en peces.**

El crecimiento de los peces está determinado fundamentalmente por la cantidad de alimento ingerido (energía y nutrientes) y por la temperatura del agua. Los peces, como animales poiquiloterms son incapaces de regular su temperatura corporal, por lo que su metabolismo únicamente funciona de forma óptima dentro de un rango de temperaturas adecuadas, dentro del cual la ingestión y el crecimiento son máximos, pero disminuyen cuando la temperatura está por encima o por debajo del intervalo óptimo.

En cuanto a la cantidad de alimento, el crecimiento será máximo con una alimentación "ad-libitum" o "a saciedad", aunque el índice de conversión puede disminuir, por lo que la tasa de alimentación óptima debe venir determinada por la eficiencia económica, considerando tanto el coste del alimento como el valor de la biomasa de los peces. (Jover 2000)

El crecimiento de las tilapias en agua salobre y salada ha sido investigado por numerosos autores, los cuales han evaluado en estos ambientes las respuestas a numerosos factores, como por ejemplo el porcentaje de cloruros o de proteínas en su dieta, la densidad de siembra, técnicas diferentes de cultivo, usando además diferentes especies de tilapia. Por este motivo, los resultados que se obtuvieron en varios de estos estudios son difícilmente comparables y son además por lo menos parcialmente contrastantes.

Por ejemplo, Al-Ahmad et al. (1988) cultivaron *O. spilurus* en agua salada (38-40%) en tanques de fibra de vidrio, en un sistema de agua corriente y en jaulas. En este estudio se suministraron tres diferentes raciones alimenticias y se observó un mayor crecimiento y una mejor conversión del alimento cuando la dieta se suministró a razón de un 2% del peso corporal, pero no se encontraron diferencias entre los tres sistemas de cultivo.

Cruz et al. (1990) cultivaron la misma especie a salinidad de 36 % en dos tipos de encierro (inicialmente jaulas y posterior transferencia a tanques circulares de concreto) y concluyeron que la tasa de crecimiento y la conversión alimenticia fueron comparables con los resultados obtenidos en agua dulce.

Por otra parte, Cruz y Ridha (1990) cultivaron *O. spilurus* a una salinidad de 33 % y con diferentes densidades de siembra. En este trabajo se concluyó que la densidad que dio el mejor resultado fue la de 200 peces.m<sup>-3</sup>, la cual coincide con los resultados reportados por Al-Ahmad et al. (1988) y que implica la factibilidad del cultivo intensivo de esta especie, aún en un ambiente estresante, representado por el agua de mar.

Finalmente, Deguara y Agius (1997) evaluaron el crecimiento de una variedad de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. niloticus*) y de *O. spilurus* en agua dulce, agua salobre (18%) y agua salada (37%) y concluyeron que la tilapia roja presentó una mejor tasa de crecimiento en agua salobre y salada de la que registraron con *O. spilurus* por lo cual, a diferencia de los autores anteriores, no aconsejaron el cultivo de la segunda de estas especies en agua de mar, o en cuerpos de agua con influencia marina.

Garcés, (2001) analizó el crecimiento de dos líneas de tilapia, estas fueron la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Estas fueron sembradas a cinco alevines por metro cuadrado con un peso promedio de 0.4 gramos/pez. En 45 días de cultivo el crecimiento de los alevines fue similar para las

dos líneas de tilapia (Figura .) y habían alcanzado un peso promedio de 18.1 y 17.0 g. respectivamente.

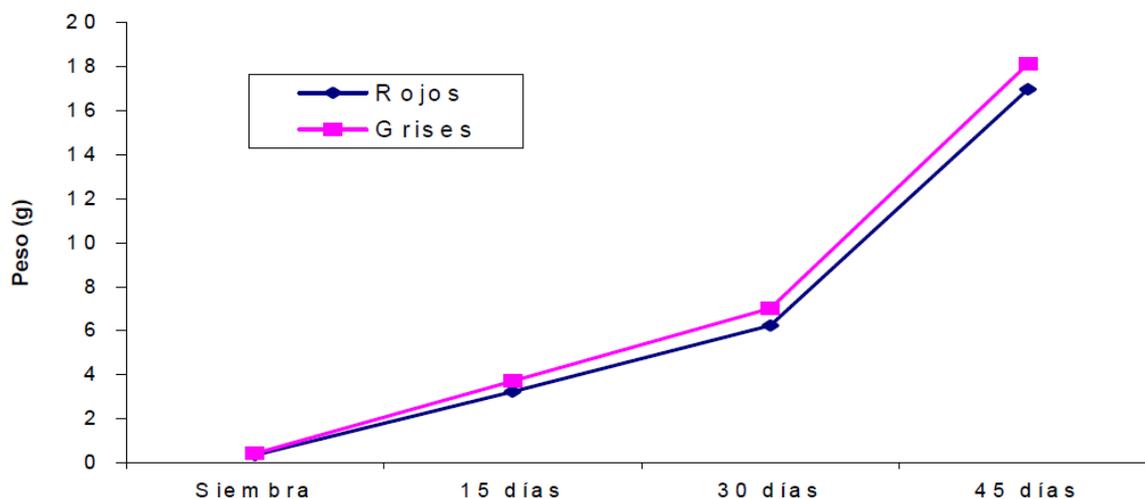


Figura 2. Comparación del crecimiento durante 45 días de alevines de las dos líneas de tilapia alimentadas con concentrado molido con 40% de proteína cruda.

(Cerde et al. 1998) encontró que no hubo diferencias significativas en su crecimiento, tasa e incremento en biomasa de tilapias sembradas a 6 gramos de peso inicial alimentadas con piensos de 30, 35 y 40 porciento de proteína durante 60 días de cultivo. Como se expresa en la tabla 11.

Tabla. 7 Resultados de crecimiento de las tilapias alimentadas con 30, 35 y 40 porciento de proteína en la dieta seca durante 60 días.

Crecimiento	Pienso 30	Pienso 35	Pienso 40	Niv. Sig.
Peso medio inicial (g)	6.32 (0.34)	6.66 (0.32)	6.79 (0.33)	n.s
Peso medio final (g)	17.44 (0.96)	16.55 (0.91)	14.69 (0.69)	n.s
Incremento de biomasa (%)	180.3	148.5	115.4	n.s

Valor del error estándar entre paréntesis.

Rivera R. et al 2004 estudio sobre el crecimiento de alevines de tres especies de tilapias y determino que entre las tres especies existieron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el peso promedio de la muestra de alevines a los 30 días de haber sido sembrados, donde *Oreochromis mossambicus* obtuvo un peso de 12.65 g. Sin

embargo no hubo diferencia ( $p>0,05$ ) entre *Oreochromis niloticus* y *Oreochromis aurea*, ya que la primera tuvo un peso de 5.70 g y la segunda obtuvo un peso de 6.05 g.

A los 60 días hubo diferencias significativas ( $p<0,05$ ) en las tres especies de Tilapia logrando el promedio más alto *O. mossambicus* (24.1 g) y el más bajo fue para *O. aurea* (9.55 g), encontrándose que *O. niloticus* después de ser la que presentaba el promedio más bajo a los 30 días pasó al segundo lugar el día 60, logrando un peso de 14.2 g.

Las diferencias significativas ( $p<0,05$ ) continuaron a los 90 días y *O. mossambicus* pesó 39.6 g, seguida por *O. niloticus* con 18.5 g y *O. aurea* con 15.7 g. Finalmente a los 120 días *O. mossambicus* demostró su mayor crecimiento con 46.6 g, seguida por *O. niloticus* con 26.1 g y *O. Aurea* con 21.5 gramos.

Aguilar, 2010 determinó el crecimiento de tilapias *Oreochromis niloticus* a lo largo de un ciclo comercial de producción, empleando un sistema de alimentación por fases (alevinaje, crecimiento 1, crecimiento 2 y finalización) con niveles de proteína cruda para cada fase de 43,10%, 36,40%, 31,50% y 28,65% respectivamente con alimento extruido y peletizado. Encontrando que para la fase de alevinaje con una duración de 45 días los pesos corporales alcanzados llegaron hasta 40 gramos  $\pm$  0.99 y 38 gramos  $\pm$  1.24 para el alimento extruido y peletizado respectivamente. En la fase de crecimiento 1 que comprende 46 – 77 días se encontró un peso final de 118 gramos  $\pm$  3.45 para el alimento extruido y para el peletizado con 112 gramos  $\pm$  2.80; en la fase de crecimiento 2 que comprende del día 78 al 177 se obtuvo un peso de 445 gramos  $\pm$  17 para alimento extruido y para el peletizado 404 gramos  $\pm$  11 en la fase de finalización que dura 178 – 249 días se determinó que el crecimiento alcanzado fue de 606  $\pm$  27 y 575  $\pm$  12 en el alimento extruido y peletizado respectivamente.

Las siguientes tablas muestran el resultado del efecto de la salinidad en el crecimiento de la tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus*, cultivadas bajo condiciones de laboratorio.

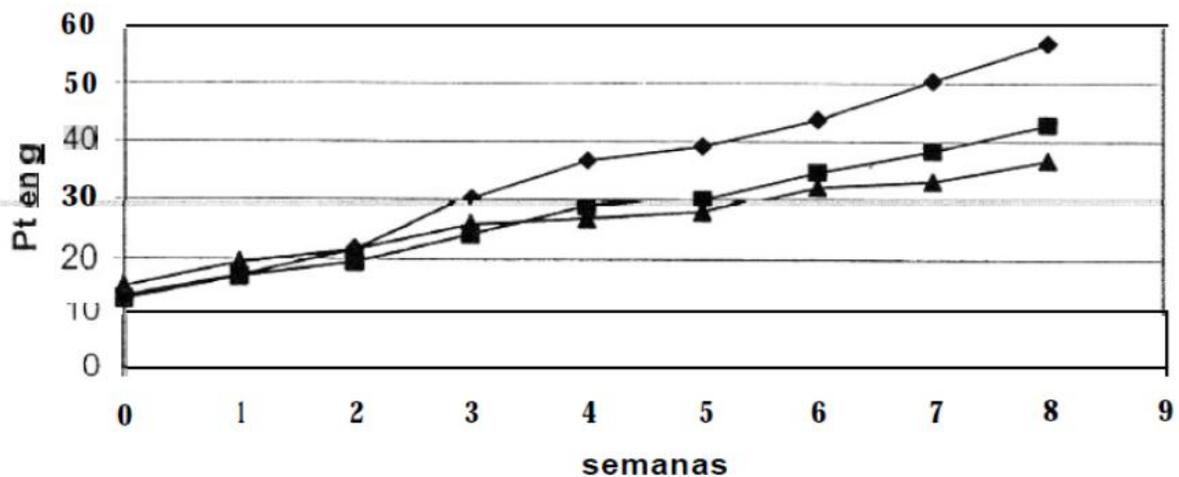
Tabla. 8 Parámetros de crecimiento de la tilapia roja (híbrida) *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, cultivada en tanques de fibra de vidrio en agua dulce y en diferentes concentraciones de salinidad.

Tratamiento	Peso promedio inicial (g)	Longitud promedio inicial (cm)	Peso promedio final (g)	Longitud promedio final (cm)	Peso ganado /dia (g)	%peso ganado /dia	Sobrevivencia (%)
Agua dulce	55.61	10.75	575.07	23.73	2.69	4.27	93.5
Salinidad 15 ‰	54.79	10.61	486.86	22.78	2.24	4.11	87.1
Salinidad 25 ‰	58.10	11.08	367.35	21.01	1.60	3.80	76.0
Salinidad 35 ‰	69.90	11.17	358.58	20.62	1.49	3.68	58.0

(Mena et al, 2001)

Margarita T. 2003 encontró que tilapias del genero *Oreochromis niloticus* cultivadas en agua salobre a 17‰ de salinidad reporto valores de crecimiento en ocho semanas de cultivo de 42.92 gramos y con pesos iniciales de 13.76 gramos. En salinidades de 33‰ se obtuvieron pesos finales de 36.75 gramos.

Figura 3. Valores promedio de peso en gramos registrados a intervalos semanales durante la prueba preliminar de cultivo de *Oreochromis niloticus* en agua dulce (+) o con salinidades de 17 (m) y de 33 ‰ (A).



### 4.9.3 Ritmo de Crecimiento.

Este se hace semanalmente a partir del muestreo de crecimiento, este no es más que el peso actual, menos el peso de la semana anterior, es importante deducir el ritmo de crecimiento porque este nos muestra la cantidad de gramos que aumentaron los organismos en cada semana de cultivo.

Garcés, (2001) encontró una ganancia de peso al día (g/pez/día) de 0.37 y 0.38 para dos líneas de tilapia, estas fueron la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis sp.*) respectivamente. Según Cerdá et al. 1998 determino que para tilapias cultivadas con alimento extruido al 30 % de proteína cultivadas durante dos meses se obtuvo un incremento en peso 11.12 gramos durante dos meses de cultivo

Según Meyer. 2007. El ritmo de crecimiento en organismos sembrados a 0.30 gramos y alimentados con Fruto de Guanacaste + Fertilización durante 56 días se encontró de 0.45 gramos por día (g/pez/día), mientras que para dietas con maíz molido mas fertilización es de 0.50 g/pez/día y cuando solamente es con fertilización se de 0.28 g/pez/día.

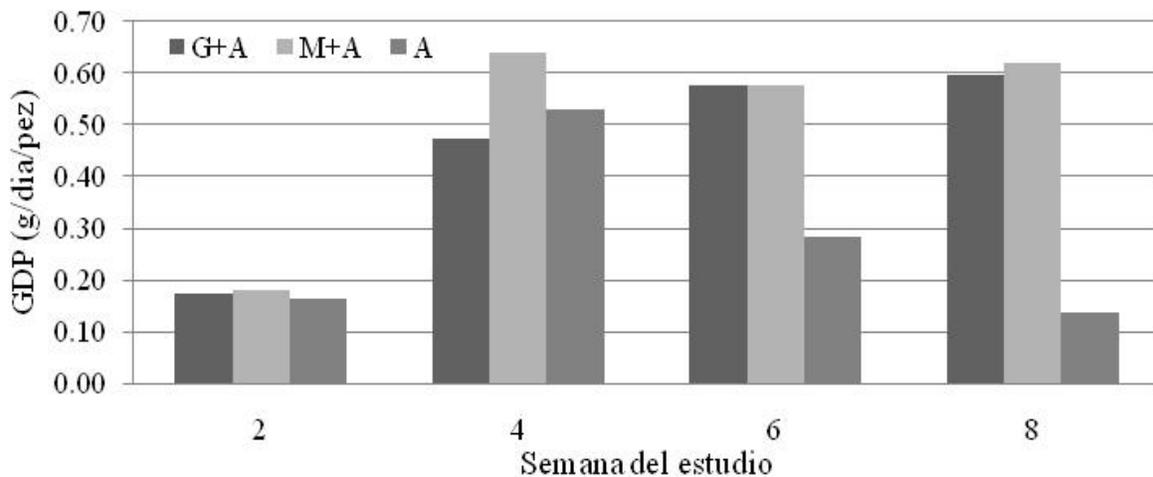


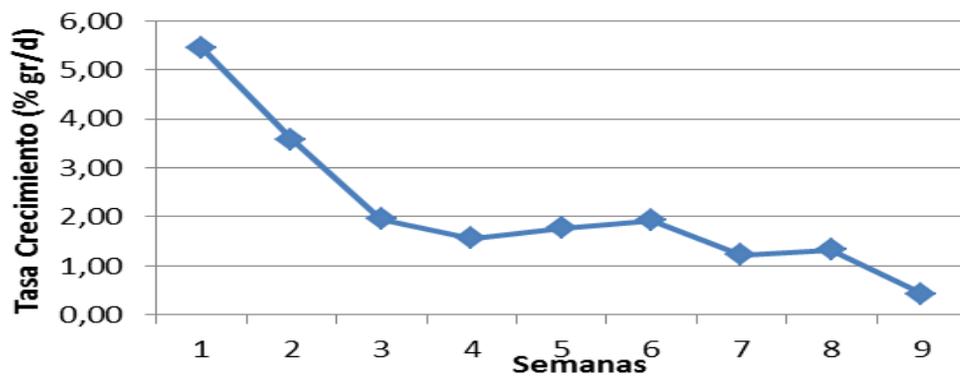
Figura 4. Ganancia Diaria de Peso (GDP) de ejemplares de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), bajo tres tipos de alimentación, Fruto de Guanacaste + Fertilización (G+A); Maíz molido + Fertilización (M+A); Fertilización solamente, sin alimentación complementaria (A).

Según Mena *et al*, 2001 encontró un ritmo de crecimiento para cada cinco días de cultivo fue de 11.2 gramos en aguas con 15 ‰ de salinidad y en aguas con 25‰ de salinidad 8 gramos.

#### 4.9.4 Tasa de crecimiento.

García A. et al 2011 realizo un experimento donde encontró como resultados una tasa de crecimiento inicial de 5.45 y final de 0.43 % gr/día. Durante ocho semanas se obtuvo un ritmo de crecimiento de 7.66 gr por semana llevados a un crecimiento diario 1.09 gr. y un peso inicial de 3.8 gramos hasta alcanzar un peso final de 85.2 gramos a una densidad de siembra de cinco alevines por metro cuadrado y los peces fueron alimentados dos veces al día a saciedad.

Figura 5. Tasa de crecimiento de tilapias *Oreochromis niloticus* en estanques de geomembrana.



Así mismo Cerdá et al. 1998 determino que para tilapias cultivadas con alimento extruido al 30, 35, 40 % de proteína cultivadas durante dos meses se obtuvo una tasa de crecimiento de 1.7, 1.52, 1.29 %/día respectivamente.

Aguilar. 2010 obtuvo la tasa crecimiento de tilapias *Oreochromis niloticus* a lo largo de un ciclo comercial de producción, empleando un sistema de alimentación por fases en las cuales encontró tasas de 8.68; 3.38; 1.32 y 0.43 %/día en producciones de alevinaje, crecimiento 1, crecimiento 2 y finalización respectivamente.

Según Mena. 2001 reporto que en cultivos de aguas con 15‰ de salinidad determino un valor de la tasa de crecimiento de 1.76 % gr/día y en cultivos en aguas con 25‰ de salinidad reporto un valor de 1.83 % gr/día.

#### **4.9.5 Sobrevivencia.**

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

Garcés, (2001) encontró en estanques cubiertos con malla hubo una sobrevivencia de 91.0% de los peces sembrados. En los estanques no cubiertos la sobrevivencia fue de 69.0%. Esta diferencia en la sobrevivencia de los peces en los estanques cubiertos o no con malla fue estadísticamente significativa ( $P=0.05$ ). En los estanques no cubiertos la sobrevivencia de los peces grises fue superior en 68% a la de los peces de la línea roja que son más visibles en el agua y más susceptibles a la depredación de aves.

La sobrevivencia de los peces durante 120 días de cultivo utilizando tres especies de tilapia con una densidad de siembra de 15 alevines por  $m^3$  Rivera R. et al 2004 registro que la especie que tuvo el mayor porcentaje de sobrevivencia durante el desarrollo del experimento fue *O. niloticus* con 99.5% le siguió *O. aurea* con 99.3% y finalmente *O. mossambicus* con 97.7%.

Según Meyer. 2007 registro en un cultivo de 56 días una sobrevivencia general de los peces fue de 52.7%;

Según Margarita. 2003 encontró un porcentaje de sobrevivencia en aguas salobres de 90% y en aguas marinas reporto un porcentaje de sobrevivencia del 80%.

#### **4.9.6 Rendimiento productivo.**

El concepto de rendimiento se entiende como el peso en kilogramos por unidad de superficie o volumen obtenido a la cosecha. La producción puede variar en función de la densidad de siembra, porcentaje de sobrevivencia y peso promedio final de los organismos. (Ramos, *et.al*, 2006)

Aguilar. 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  $Kg/m^3$  en producciones de

alevinaje, crecimiento 1, crecimiento 2 y finalización respectivamente. Chacón. 2009 registro un rendimiento productivo para tres especies de tilapias *O. aureus* con 23.86 Kg/ m<sup>3</sup> *O. niloticus* 22.45 Kg/m<sup>3</sup> Rocky mountain white 25.85 Kg/m<sup>3</sup> en 257 días de cultivo Según Martínez, 2012 El rendimiento productivo de cada estanque en cuanto a libras/ha producidas es un factor muy importante al final del ciclo pues mediante este resultado nos damos cuenta que tan exitoso fue el ciclo productivo, este resultado se obtiene la biomasa actual del estanque entre el área del mismo obteniendo así datos de las libras por hectárea que produjo cada uno de los estanques en observación.

#### **4.9.7 Biomasa.**

Es el peso total vivo de un grupo (o stock) de organismos vivos (por ej. peces, plancton, camarones) o de alguna fracción definida de éste (por ej. Peces que están desovando), en un área, en un tiempo determinado. También cualquier estimación cuantitativa de la masa total de organismos que comprende toda o una parte de una población o cualquier otra unidad dada, o dentro de un área en un momento determinado; medida como volumen, masa (peso vivo, muerto, seco o libre de cenizas) o energía (joules o calorías). (Crespi V. y Coche A. 2008)

#### **4.9.8 Factor de Conversión Alimenticia.**

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= alimento entregado/ganancia de peso. Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración. (Saavedra, 2006)

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

Un promedio de F.C.A. aceptable en el cultivo de peces tropicales como es el caso de la tilapia, oscila entre 1.3 a 1.5: 1, teniendo en cuenta que mientras menor sea este la rentabilidad del cultivo será mayor. Según Alamillo, 2001, que para un sistema de cultivo de tilapia se calcula un F.C.A final de 1.6 a 1.9 Kg alimento/kg de tilapia. Margarita. 2003 encontró que tilapias del genero *Oreochromis niloticus* cultivadas en agua salobre a 17‰ de salinidad reporto valores de factor de conversión alimenticia de 2.3 en ocho semanas de cultivo. En salinidades de 33‰ se obtuvo un factor de conversión alimenticia de 2.2.

## **V. MATERIALES Y METODOS.**

### **5.1 Localización del área de estudio.**

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigaciones Marinas y Acuícola (LIMA) de la UNAN –LEON, en el año 2013, ubicada en la comunidad de Las Peñitas, a 22 km de la ciudad de León se conecta a la ciudad por medio de una carretera pavimentada, localizada en las coordenadas 496457mE y 1367324mN.

### **5.2 Dispositivo experimental.**

El dispositivo experimental contaba de 4 pilas de concreto con una capacidad de 3,500 litros, las pilas fueron llenadas con agua dulce por medio de una manguera de 3 pulgadas de diámetro. Luego se fue incrementando la salinidad durante 5 días hasta llegar a la salinidad deseada 15‰ y 25‰ de salinidad.

### **5.3 Toma de agua.**

La toma de agua se encontraba detrás del Laboratorio de Investigaciones Marinas y Acuícola (LIMA), consistía en un tubo con ranuras en la cual se filtra el agua está cubierto con pedrín y 1 metro de arena. Esta conduce el agua por medio de una tubería de 3 pulgadas y 110 metros de longitud.

El agua fue bombeada hacia un reservorio por medio de una bomba centrífuga Marca STA-RITE, Modelo JHHG- 53 HL de 5 HP, El reservorio es de concreto de forma cuadrada y dividida en dos partes, cada uno de ellos tiene las dimensiones de 11.35 metros de largo y 4.8 metros de ancho teniendo la capacidad de contener 54 m<sup>3</sup> de agua ubicado en las instalaciones de LIMA.

El agua fue bombeada a todas las instalaciones del laboratorio mediante una bomba sumergible Marca ModySumpPump, modelo M100S/m, serie SR #1008 94,1.3 HP, ubicada en un reservorio de concreto y unos tubos de 2 pulgadas de diámetro.

### **5.4 Diseño experimental.**

El estudio se realizó en un sistema semi-intensivo, con una duración de 35 días. Este dispositivo experimental, consto con dos tratamientos que son el primero con tilapias aclimatadas a 15‰ de salinidad y el segundo a 25‰ de salinidad. Para cada tratamiento se hicieron dos repeticiones para el aseguramiento estadístico de la confiabilidad de los datos que se obtuvieron. El dispositivo experimental consta de cuatro pilas de concreto cada una con dimensiones 3.29 metro largo \* 1.34 metros ancho \* 1.62 metros Profundidad, de forma rectangular con un área total 4.4 m<sup>2</sup> y

con una capacidad de 3,500 litros. Se le colocó a cada pila cuatro piedras difusoras que estaban conectada a una red de manguerillas de plástico transparente de 1/8 de diámetro y este a su vez, conectado a una tubería de 1 pulgada y blower o aireador marca BaldorIndustrial Motors de 3 HP, este sistema permitió aireación constante las 24 horas del día, en cada pila se colocarán 22 juveniles por pila a una densidad de 5 organismos por metro cuadrado.

### **5.5 Aclimatación y siembra:**

Se realizó de la siguiente manera; se midieron los valores de temperatura del agua que contenía cada bolsa en donde venían las tilapias y de la pila donde iban hacer cultivadas para conocer los grados de diferencia que habían, se dejaron flotar las bolsas sobre el agua de las pilas durante 30 minutos, posteriormente se abrieron las bolsa y se le agrego agua de la pila, se midió la temperatura nuevamente y se continuo agregando agua de la pila a la bolsa y midiendo la temperatura cada 10 minutos hasta igualar la temperatura y a continuación se liberaron los alevines de tilapia en las pilas. Luego se procedió a incrementar la salinidad durante 5 días, agregando agua a en las dos pilas de concreto de 25‰ de salinidad y agregando agua a las dos pilas de concreto de 15‰ de salinidad, de tal forma que el primer día se incrementó la salinidad de 0-5, el segundo día de 5-10, el tercer día de 10-15, el cuarto día de 15-20 y el quinto día de 20-25 de salinidad.

La fórmula para calcular el volumen de agua que se requiere agregar para incrementar la salinidad.

$$V_f = \frac{V_1 * C_1}{V_2}$$

Dónde:

V<sub>f</sub> = Volumen final en litros.

V<sub>1</sub> = Volumen del estanque.

C<sub>1</sub> = Concentración de salinidad deseada.

V<sub>2</sub>= Salinidad del agua con que se va aclimatar.

La siguiente es la tabla de reposo para la aclimatación de juveniles en función del diferencial de salinidad.

Tabla. 9 Reposo para la aclimatación de diferentes salinidades

Salinidad (‰ S)	Tiempo de reposo (horas)
0-5	24
5-10	24
10-15	24
15-20	24
20-25	24

### **5.6 Medición de Variables físico y químicas.**

Para la toma de los variables físicos y químicos del agua en los recipientes cilíndricos se determinó una hora específica, estos se tomaron de la siguiente manera:

#### **5.6.1 Oxígeno disuelto.**

El oxígeno disuelto fue medido por medio de un Oxigenómetro marca YSI DO 200 eco sense. Este es un aparato que presenta dos electrodos que perciben Oxígeno Disuelto y la temperatura. Para la calibración de este aparato se procedió de la siguiente manera: se ajusta la salinidad y la cantidad de metros sobre el nivel del mar. Los cuales se toman introduciendo el electrodo del Oxigenómetro a no menos de 20cm de profundidad y esperar a que se estabilicen los valores y así poder registrar los datos en un formato de campo. Las mediciones se hicieron dos veces al día: a las 6 de la mañana y las 6 de la tarde.

#### **5.6.2 Temperatura.**

Para poder determinar la temperatura de nuestras pilas experimentales. Se utilizó un Oxígeno metro YSI DO 200 eco sense ya que es un aparato multifuncional. El cual mide la temperatura, que se calibro de la siguiente manera: se ajusta la salinidad y la cantidad de metros sobre el nivel del mar. La toma de esta variable se realizó a las 6:05 am y 6:08 pm. Los cuales se tomaron introduciendo el electrodo del Oxigenómetro a no menos de 20cm de profundidad y esperar a que se estabilicen los valores y así poder registrar los datos en un formato de campo.

#### **5.6.3 Salinidad.**

La salinidad fue medida por medio de un refractómetro marca bio-marine.inc model: ABMTC salinity 0~100 %. Este instrumento presenta un prisma por la cual percibe la salinidad. Para calibrarlo se realizó de la siguiente manera: en el prisma se coloco una gota de agua dulce (0 ‰ S) y se observó a contra luz el refractómetro y según el

valor dado se ajusta con un desarmador hasta el punto cero observado en el lente ocular del aparato. Luego se tomó una gota de agua de cada de una de las pilas del diseño experimental y se colocó en el prisma la lectura de este siempre se realizó a contra luz. La salinidad fue tomada: a las 6:00 de la mañana y 5:00 de la tarde.

### **5.7 Medición de los parámetros poblacionales.**

#### **5.7.1 Crecimiento acumulado.**

Para determinar el crecimiento de las tilapias se realizaron las mediciones de talla y peso de las mismas cada 5 días a las 7:00 am, Se capturaron 10 tilapias por pilas del dispositivo experimental con un chayo, luego fueron depositados en un recipiente de plástico, luego posteriormente se envolvieron individualmente cada tilapia en un trozo de tela y fue pesado en una balanza gramera marca ohaus, después de esto se registró el valor de la tilapia más el trozo de tela posteriormente se quitó la tilapia y se pesó el trozo de tela para luego restar los valores de la tilapia envuelta en el trozo de tela menos el valor del peso del trozo de tela y así se obtuvo el peso individual de cada tilapia. Para determinar el peso y talla promedio se utilizó la siguiente fórmula:

Promedio:  $P_1 + P_2 + P_3 + P_n / N$ .

Dónde: P significa el peso de cada organismo y N es la cantidad de organismos pesado.

Los pesos promedio registrados de cada cinco días representan el crecimiento acumulado.

#### **5.7.2 Ritmos de crecimiento (R.C).**

Para calcular el ritmo de crecimiento se procedió a hacerse muestreos poblacionales cada 5 días, en la cual se tomó el peso de las muestras. Para calcular el ritmo de crecimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$R.C = P_a - P_b$ .

Dónde:

$P_a$  = Peso Actual

$P_b$  = Peso Anterior

#### **5.7.3 Tasa de crecimiento (T.C).**

La tasa de crecimiento es necesaria para conocer la velocidad con que crecían las tilapias. Para determinar la tasa de crecimiento se realizaron muestreos cada 5 días.

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$T.C = \frac{(\text{Log}_{10} \text{ de peso final} - \text{Log}_{10} \text{ peso inicial}) \times 100}{\text{Tiempo}}$$

#### **5.7.4 Sobrevivencia.**

Para calcular la sobrevivencia se hizo de la siguiente forma, se dividió el número de tilapias que quedan al final del cultivo entre el número de tilapias sembradas multiplicado por cien, expresados en la siguiente forma matemática:

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

#### **5.7.5 Rendimiento productivo (R.P).**

El rendimiento productivo se estimó al final del ciclo productivo, el cual no es más que la cantidad de libras de tilapias cosechado expresado por hectárea.

$R.P = \text{Biomasa (lb)} / \text{área de cultivo (hectárea)}$ .

#### **5.7.6 Factor Conversión Alimenticio (F.C.A).**

El factor de conversión alimenticia se determinó cada 5 días, esta es la división del alimento acumulado por semana suministrado entre la biomasa acumulada en las pilas en esa semana (Alim. Acumulado semanal/Biomasa semanal):

$FCA = \text{alimento suministrado} / \text{biomasa}$

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 5.8 Factores Físico-Químicos.

#### 5.8.1 Oxígeno (OD).

Los valores de OD registradas en el experimento con aguas a 15 ‰ de salinidad, el OD mínimo se registró el día 19 y fue de 2.5 y el OD máxima se registró el día uno y fue de 8.5. Para el tratamiento con 25 ‰ de salinidad el OD mínimo registrado fue el día 19 y fue de 2.3 y el OD máximo se registró el día 5 y fue de 6.4. La tendencia de la gráfica es que se mantiene constante dentro del intervalo de mayores de 3 mg/l a excepción de los días 19 y 20 el cual muestran un valor menor a intervalo óptimo para el crecimiento.



**Gráfico No. 1.** Comportamiento de Oxígeno Disuelto (mg/l) del agua en las dos condiciones experimentales: con 15 ‰ y 25 ‰ de salinidad de la tilapia.

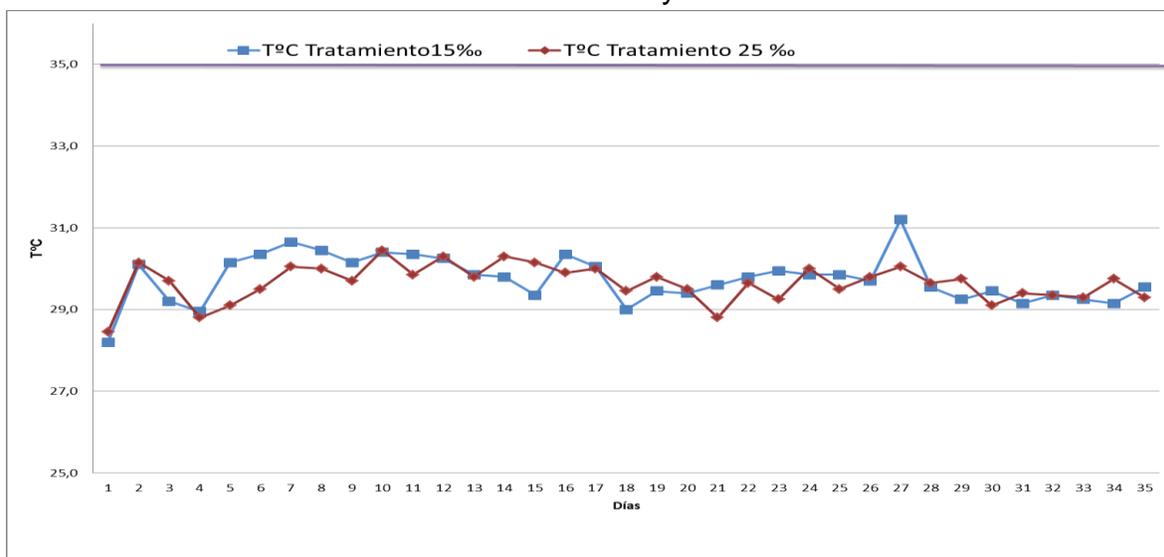
El oxígeno disuelto (OD) es uno de los factores ambientales que afectan a las limitantes alimentaciones de los peces, el crecimiento y el metabolismo. La fluctuación de OD se ve afectada por la fotosíntesis, la respiración y la fluctuación del pez. Estos factores deben ser considerados plenamente en la importancia del OD. El OD del ambiente tiene una variedad, el cual produce el mejor rendimiento de los peces, mientras que niveles bajos de OD limita la respiración, el crecimiento y otras actividades metabólicas de los peces. La tilapia es conocida por soportar niveles muy bajos de OD. La mayoría de las tilapias pueden tolerar niveles no tan bajo como 0.1 a 0.5 mg / l durante períodos variables de tiempo. (Tsadik y Kutty, 1987).

Según (Magid y Babiker, 1975); encontraron que la tilapia puede soportar un intervalo de 0.1mg/l de oxígeno disuelto y (Ross, 2000) de término que el óptimo para el crecimiento es valores de oxígeno disuelto mayores de tres miligramos por litro.

Por lo tanto los valores de Oxígeno Disuelto encontrados en ambas condiciones experimentales no presentaron ningún inconveniente en el crecimiento de los organismos ya que estos se encontraron dentro de los intervalos óptimos.

### 5.8.2 Temperatura (T°C).

Los valores de temperatura registradas en el experimento con aguas a 15 ‰ de salinidad, la temperatura mínima se registró el día uno y fue de 28.2°C y la temperatura máxima se registró el día 27 y fue de 31.2°C. Para el tratamiento con 25 ‰ de salinidad el valor mínimo registrado fue el día uno y fue de 28.5°C y el valor máximo se registró el día 10 y fue de 30.5°C. La tendencia de la gráfica es que se mantiene constante dentro del intervalo de 29 y 31 °C.



**Gráfico No. 2.** Comportamiento de la Temperatura (T°C) del agua en las dos condiciones experimentales: con 15 ‰ y 25 ‰ de salinidad de la tilapia.

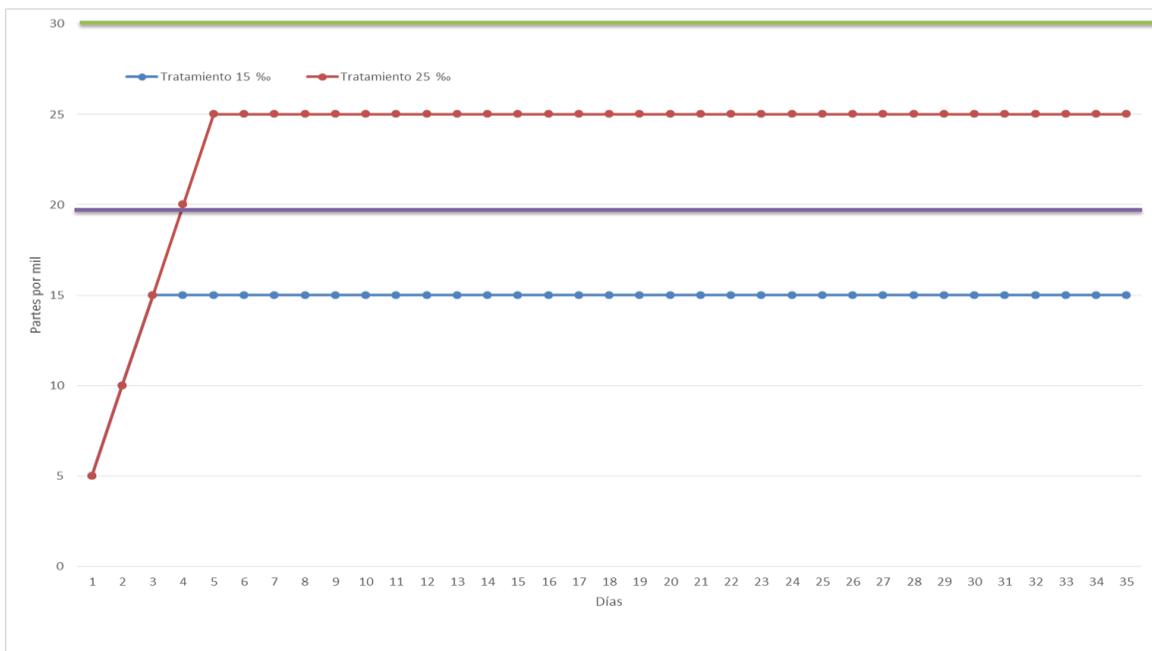
La temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la fisiología, crecimiento, reproducción y metabolismo de tilapia. La temperatura es de primera importancia en las regiones templadas y subtropicales, que se caracteriza por las fluctuaciones estacionales en la temperatura de agua. El intervalo de temperatura para la reproducción normal y crecimiento de tilapia es aproximadamente 20 a 35°C, mientras dependiendo de las especies del pez, con un intervalo óptimo de aproximadamente 25-30°C. (Balarin y Haller, 1982).

Según (Denzer, 1968), encontró que el intervalo óptimo de temperatura para la especie *Oreochromis niloticus* es de 27-30. Bajo de 10 es letal y superior a 42 es letal.

Entre los valores de temperatura encontrados en ambas condiciones experimentales no presentaron ningún inconveniente en el crecimiento de los organismos ya que estos se encontraron dentro de los intervalos óptimos.

### 5.8.3 Salinidad.

Para los valores de salinidad se mantuvieron constantes dentro de los intervalos que se requerían en el experimento. El periodo de aclimatación para el tratamiento de 15 ‰ se realizó en tres días y para el de 25 ‰ fue de cinco días.



**Gráfico No. 3.** Comportamiento de la salinidad (S‰) del agua en las dos condiciones experimentales: con 15 ‰ y 25 ‰ de salinidad de la tilapia.

Son especies eurihalinas por lo que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas. Esta característica se debe a que las tilapias son peces de aguas dulces que evolucionaron a partir de un antecesor marino; por lo que conservan en menor o mayor grado la capacidad de adaptarse a vivir en aguas de diferentes concentraciones de salinidad. (Kirk, 1972).

Esto puede explicar la habilidad de la mayoría de las especies del tilapia y el híbrido para tolerar una gama amplia de salinidad de agua. Ellos normalmente pueden crecer y pueden reproducirse en el agua salobre. Algunas especies incluso pueden crecer y pueden reproducirse a la salinidad de agua muy alta. Pero la tolerancia de sal necesariamente no indica las condiciones convenientes para la producción máxima. La información disponible indica que esa tolerancia de sal depende de las especies del tilapia, tensiones y tamaño, tiempo de adaptación, factores medioambientales y situación geográfica (Philippart y Ruwet, 1982).

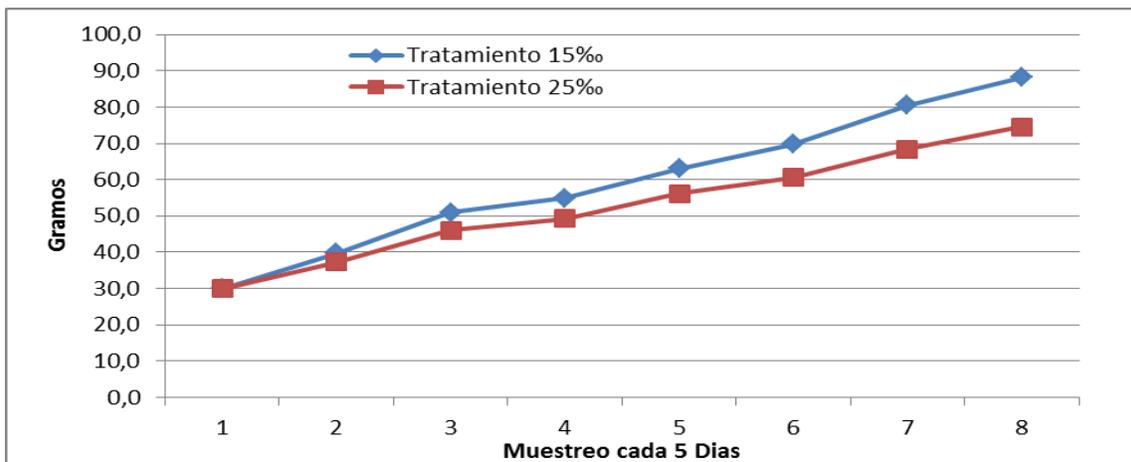
Según (El-Sayed, 2006), encontró que la tilapia puede soportar un intervalo de salinidad hasta de 36‰.

En el experimento con las salinidades registradas podemos observar que las tilapias cultivadas soportaron la aclimatación y pudieron crecer bajo estas condiciones, por lo tanto son tolerantes a estas salinidades.

## 5.9 Muestras Poblacionales.

### 5.9.1 Crecimiento Acumulado.

Los valores de Peso Acumulado final registrados durante el experimento fueron de 88.1 gramos para el tratamiento cultivado a 15 ‰ de salinidad y de 74.6 gramos para el tratamiento número dos, tomando en cuenta que al inicio del experimento el peso inicial era de 30 gramos de las tilapias que se encontraban en los dos tratamientos experimentales y se encontró siempre una tendencia ascendente en los dos tratamientos.



**Gráfico No 4.** Comportamiento de los Pesos Acumulados de las tilapias que han crecido en dos condiciones experimentales: en las dos condiciones experimentales: con 15 ‰ y 25 ‰ de salinidad de la tilapia.

(Margarita, 2003) encontró que tilapias del genero *Oreochromis niloticus* cultivadas en agua salobre a 17‰ de salinidad reporto valores de crecimiento en ocho semanas de cultivo de 42.92 gramos y con pesos iniciales de 13.76 gramos. En salinidades de 33‰ se obtuvieron pesos finales de 36.75 gramos.

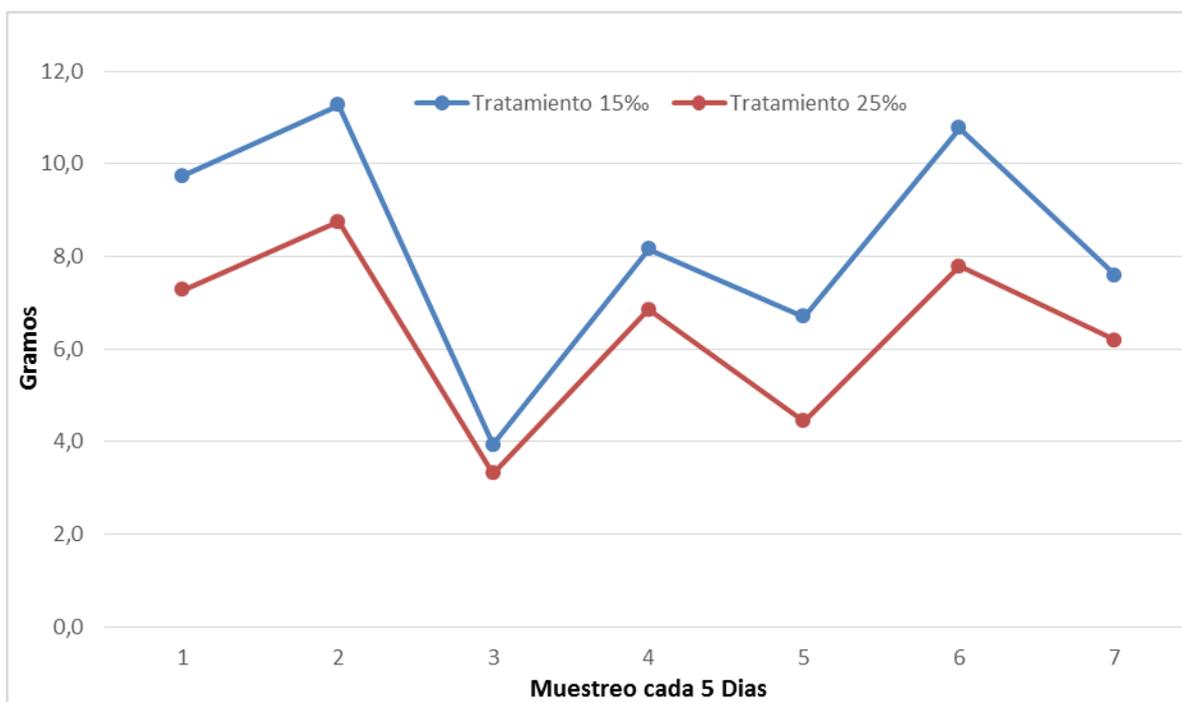
Según (Mena et al, 2001) encontró que tilapias cultivadas en aguas de salinidad 25‰ reporto valores de crecimiento para treinta días de cultivo son 106 gramos y con pesos iniciales de 58.10 gramos. En salinidades de 35‰ se obtuvieron pesos 114.6 gramos con un peso inicial de 69.90 gramos.

Podemos observar que las tilapias que se encontraban en el agua con 15‰ de salinidad tuvieron un mayor crecimiento al encontrado por Margarita T. 2003 ya en el mismo tiempo de cultivo los pesos registrados en el tratamiento fue de 88.1 gramos, para las tilapias que se encontraban en el agua con 25‰ de salinidad obtuvieron

valores parecidos al de Mena *et al*, 2001 al extrapolarlos con un peso inicial de 30 gramos.

### 5.9.2 Ritmo de Crecimiento (R.C.).

Los valores del Ritmo de Crecimiento registrados durante el experimento muestran un promedio de 8.3 gramos cada cinco días para el agua con 15 ‰ de salinidad y de 6,4 gramos para el segundo tratamiento con 25 ‰.



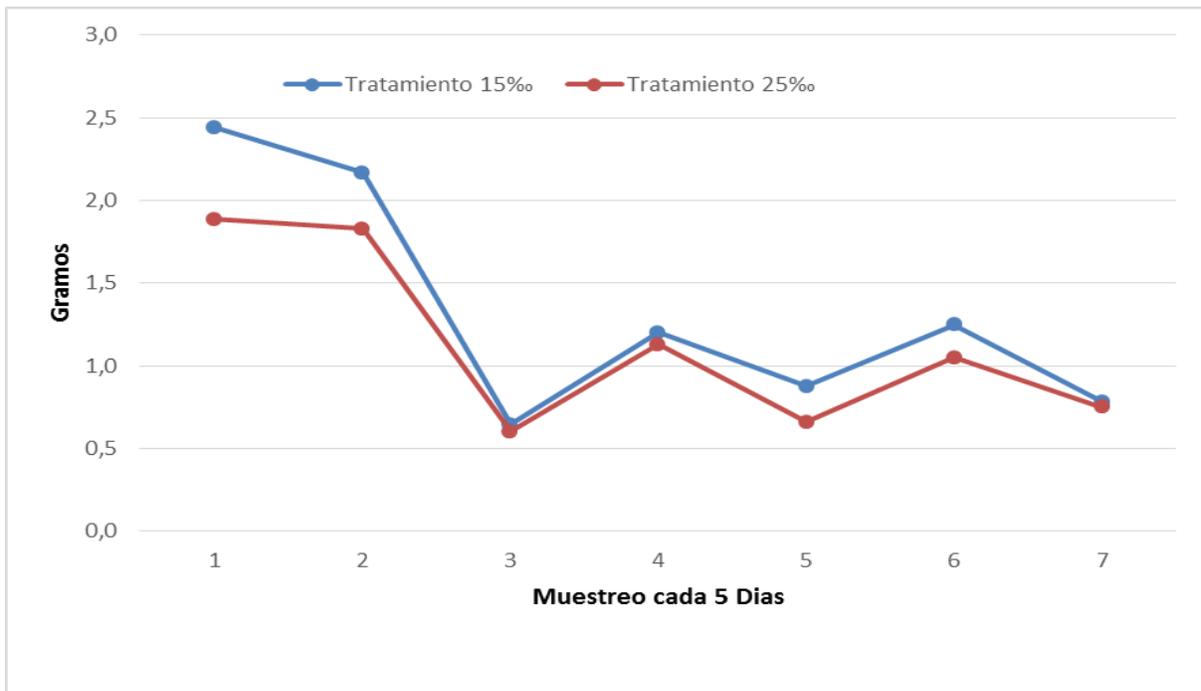
**Gráfico No. 5.** Comportamiento del Ritmo de Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* que han crecido en dos condiciones experimentales: una en agua con 15‰ de salinidad tratamiento uno (TI) y 25‰ salinidad tratamiento dos (TII)

Según (Mena *et al*, 2001) encontró un ritmo de crecimiento para cada cinco días de cultivo fue de 11.2 gramos en aguas con 15 ‰ de salinidad y en aguas con 25‰ de salinidad 8 gramos.

Podemos observar que los Ritmos de Crecimientos variaron durante todo el experimento pero con un mayor crecimiento en la parte inicial y un menor crecimiento en la semana número tres dividido aun cambio de alimento.

### 5.9.3 Tasa de Crecimiento (T.C.).

Los valores de Tasa de Crecimiento del experimento muestran que las tilapias cultivadas en agua con salinidad de 15‰ tuvieron un valor máximo de 2.4 %gr/día en el primer muestreo y un valor mínimo de 0.6 % gr/ día en el tercer muestreo con un valor promedio de 1.3 % gr/día. Para los datos registrados en el tratamiento con 25 ‰ de salinidad se obtuvieron valores máximos de 1.9 % gr/día y un mínimo de 0.6 % gr/día en el primer y tercer muestreo respectivamente; la tasa de crecimiento promedio fue de 1.1 % gr/día. Ambos tratamientos tienen una tendencia descendente.



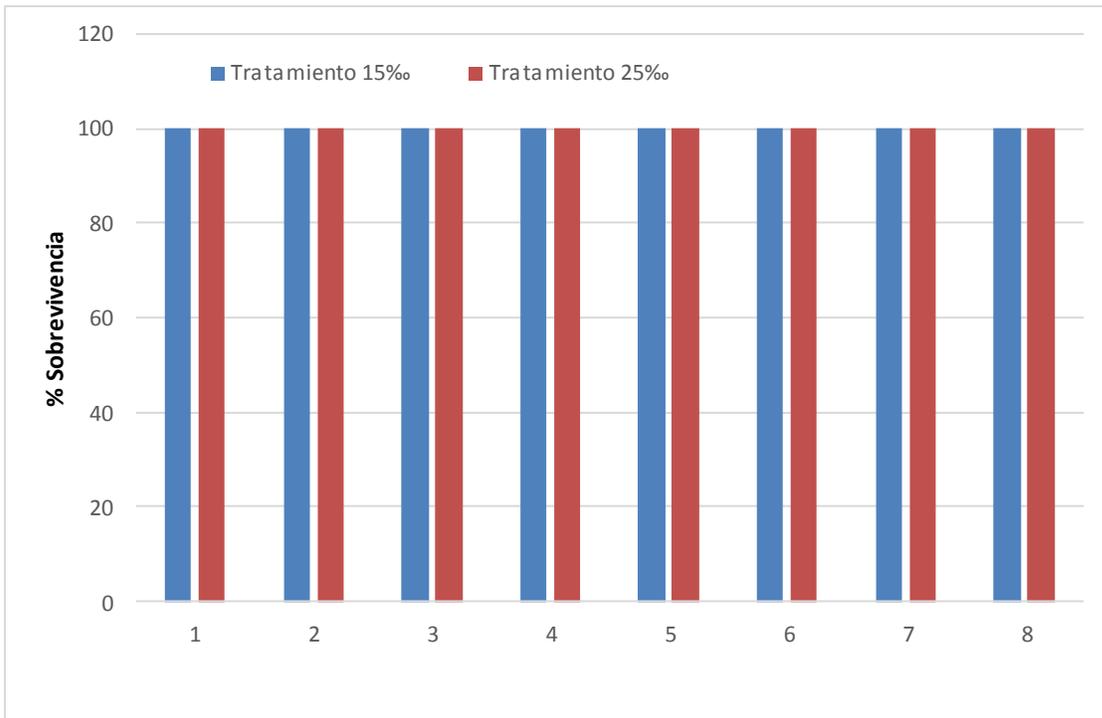
**Gráfico No. 7.** Comportamiento de la Tasa de Crecimiento (T.C.) de las tilapias que han crecido en dos condiciones experimentales: una con salinidad de 15‰ y otro con salinidad de 25‰.

Según (Mena, 2001) reporto que en cultivos de aguas con 15‰ de salinidad determino un valor de la tasa de crecimiento de 1.76 % gr/día y en cultivos en aguas con 25‰ de salinidad reporto un valor de 1.83 % gr/día.

De acuerdo con los resultados del presente estudio, la tasa de crecimiento promedio de la tilapia fue menor a los encontrados por Mena H. 2001, en ambos tratamientos, Por tanto, se puede encontrar que dadas las diferentes concentraciones de salinidad ensayadas, hay una relación de que entre mayor sea la salinidad la velocidad de crecimiento va a disminuir.

#### 5.9.4 Supervivencia (Sv%).

Los valores de Supervivencia registrado al término del experimento y durante todo el tiempo del cultivo fueron de un 100% y se obtuvo en las dos condiciones experimentales.



**Gráfico No. 8.** Comparación del porcentaje de Supervivencia (Sv%) al terminar el experimento de las tilapias *oreochromis niloticus* que han crecido en dos condiciones experimentales: una con salinidad de 15‰ y otro con salinidad de 25‰.

Según (Margarita, 2003) encontró un porcentaje de supervivencia en aguas salobres de 90% y en aguas marinas reporto un porcentaje de supervivencia del 80%.

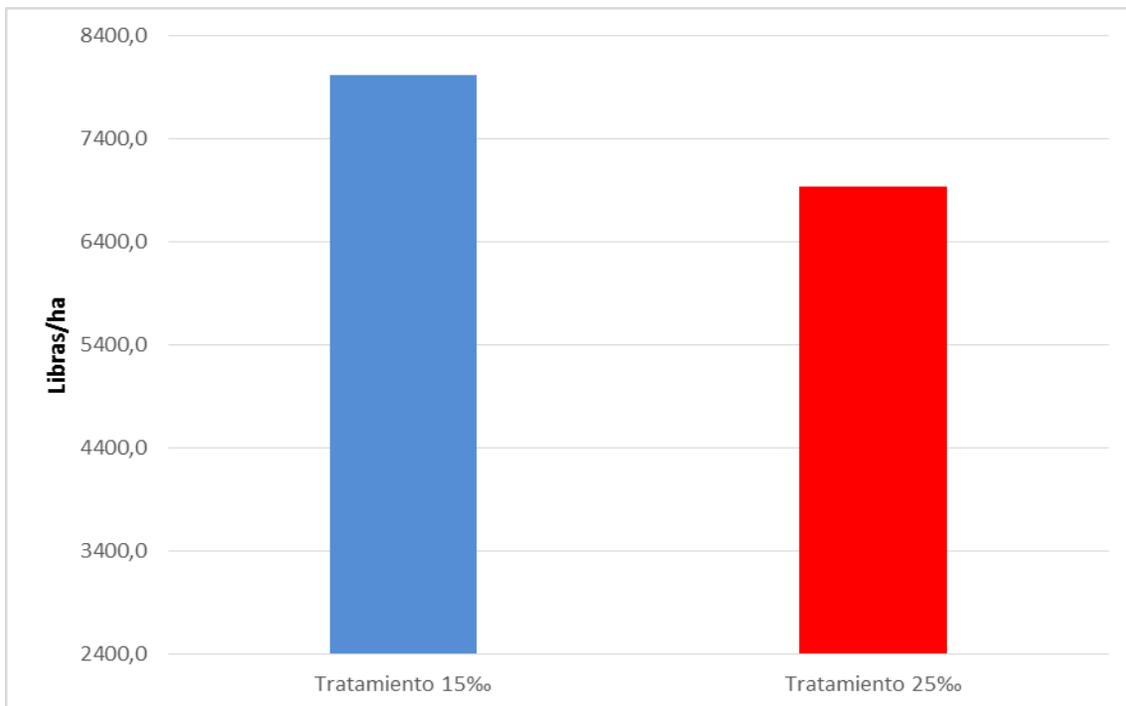
Las óptimas condiciones de las tilapias en cultivo dependen de una inmensidad de factores, que se encuentran en una constante correlación (factores ambientales físico químicos, tipo de siembra, tipo de manejo del cultivo, calidad de agua, alimentación adecuada, entre otros).

En comparación con los porcentajes de supervivencia de Margarita T. 2003 los porcentajes de supervivencia de nuestro experimentos fueron superados ya que fue de 100% en los dos tratamientos por lo tanto las salinidades estudiadas se puede

cultivar sin afectar adversamente la sobrevivencia de los organismos tanto en la aclimatación como a lo largo del ciclo productivo.

### 5.9.5 Rendimiento Productivo (R.P).

Los valores de Rendimiento Productivo registrados durante el experimento fueron de 8024.1 libras/ha para el primer tratamiento con 15 ‰ y de 6943.8 libras/ha para el segundo tratamiento con 25 ‰ de salinidad.

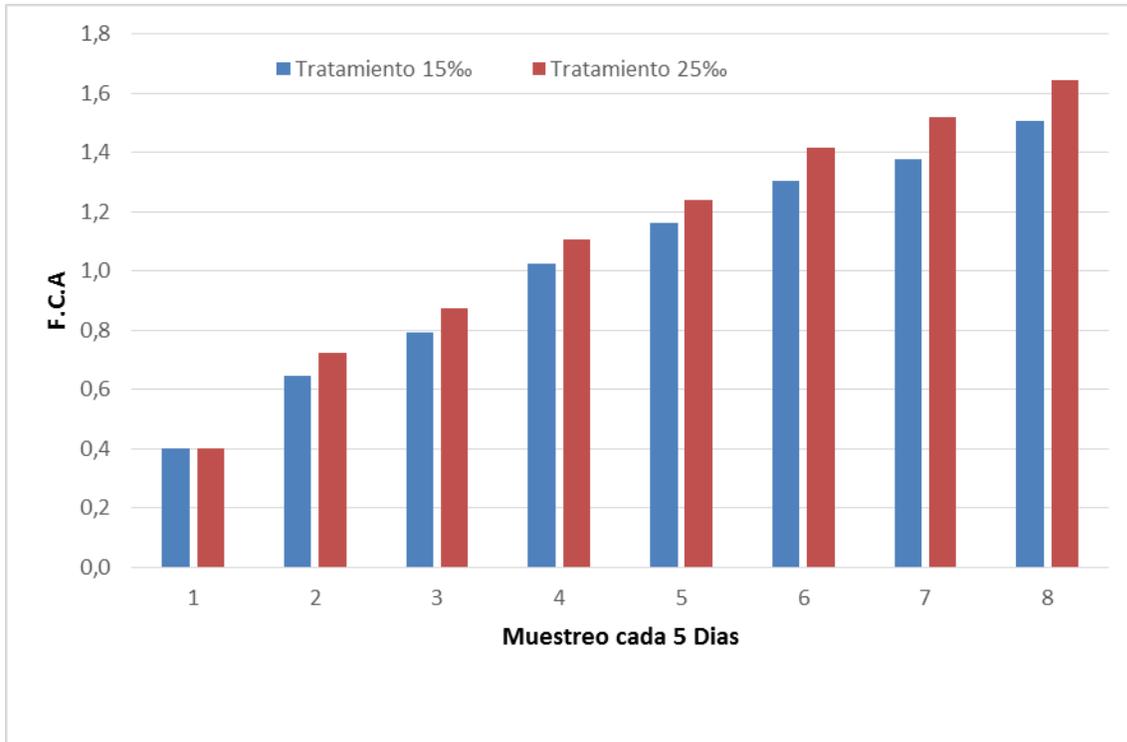


**Gráfico No. 9.** Comparación del Rendimiento Productivo (R.P) de las tilapias *Oreochromis niloticus* que han crecido en dos condiciones experimentales: una a salinidad de 15‰ y otro con salinidad de 25‰.

Según (Martínez, 2012) El rendimiento productivo de cada estanque en cuanto a libras/ha producidas es un factor muy importante al final del ciclo pues mediante este resultado nos damos cuenta que tan exitoso fue el ciclo productivo, este resultado se obtiene la biomasa actual del estanque entre el área del mismo obteniendo así datos de las libras por hectárea que produjo cada uno de los estanques en observación. Los datos esperados de rendimiento productivo para un 80% de sobrevivencia en ambos tratamientos es de 8109.73 libras por hectárea en cultivos de 15 ‰ de salinidad y 6758.10 lbs/ha con 25 ‰ de salinidad.

### 5.9.6 Factor de Conversión Alimenticia (F.C.A.).

Los valores del Factor de Conversión Alimenticia registrados durante el experimento muestran un F.C.A final de 1.5 para el agua con 15‰ de salinidad y de 1.6 para el agua con 25‰ de salinidad.



**Gráfico No. 6.** Comportamiento del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) de las tilapias *Oreochromis niloticus* que han crecido en dos condiciones experimentales: una con agua de salinidad de 15‰ y otro con agua de 25‰ salinidad.

Según (Alamillo, 2001) que para un sistema de cultivo de tilapia se calcula un F.C.A final de 1.6 a 1.9 Kg alimento/kg de tilapia.

(Margarita, 2003) encontró que tilapias del genero *Oreochromis niloticus* cultivadas en agua salobre a 17‰ de salinidad reporto valores de factor de conversión alimenticia de 2.3 en ocho semanas de cultivo. En salinidades de 33‰ se obtuvo un factor de conversión alimenticia de 2.2.

Según los resultados encontrados en el experimento de 15 y 25 ‰ de salinidad el F.C.A es mucho menor al descrito por Margarita T. 2003 y Alamillo, 2001 donde la eficacia de la conversión de alimento en biomasa fue mucho mejor en ambos tratamientos.

## VII. CONCLUSIONES.

Determinamos que según los datos obtenidos pudimos comprobar que las tilapias *Oreochromis niloticus* presentaron un mejor desarrollo dentro la salinidad de 15 ‰ y mientras más se aumenta la salinidad el desarrollo de esta disminuye. Para comprobar esto se realizó un análisis estadístico con una T de Student calculada de 3.02 con un valor crítico de una cola es de 1.72 que presentó una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos con un nivel de significación del 0.05 por lo tanto rechazando la hipótesis nula. Al igual que esta presentó una diferencia estadística desde el tercer muestreo que representa 15 días de cultivo.

1. Se registró que las variables físicas y químicas tales como oxígeno tuvo una tendencia descendente en los dos tratamientos ya que en el tratamiento de aclimatación a 15‰ de salinidad los intervalos fueron de 2.5 y 8.5 mg/L y para el tratamiento de aclimatación de 25‰ de salinidad fueron 2.3 y 6.4 mg/L. En temperatura tuvimos una variación en ambos tratamientos en el de 15‰ los intervalos fueron 28.2°C y 31.2°C y en el de 25‰ fue de 28.5°C a 30.5°C. Salinidad se mantuvo estable de 15‰ y 25‰.
2. Se determinó el crecimiento acumulado de 88.1 gramos para el tratamiento de 15‰ de salinidad y para el de 25% fue de 74.6 gramos, ritmos de crecimiento para el tratamiento de 15‰ fue de 8.3 gramos promedio y para el tratamiento de 25‰ fue de 6.4 gramos promedio la tasa de crecimiento en el tratamiento de 15‰ fue de 1.3 % gr/día y para el de 25‰ fue de 1.1 % gr/día.
3. Los datos de factor conversión alimenticia con el tratamiento de 15‰ fue de 1.5 y con el de 25‰ fue de 1.6; la sobrevivencia observada fue del 100% para ambos tratamientos y se obtuvo un rendimiento productivo mayor en el de 15‰ con 8024.1 libras/ha y en el de 25‰ fue de 6943.8 libras/ha.

## **VIII. RECOMENDACIONES.**

1. Realizar la toma de los factores físico-químicos todos los días a las horas establecidas
2. Contar con mejores condiciones del dispositivo para poder hacer recambios de agua cada vez que sea necesario hacerlo.
3. Utilizar tabla de alimentación para no sobre alimentar ya que el alimento no consumido se transforma en materia orgánica y afecta a la calidad de agua en el estanque.
4. Realizar la aclimatación de salinidad con precaución de no estresar demasiado a los organismos para no provocar mortalidades.
5. Realizar análisis externo de los peces cada 5 días para verificar su desarrollo periódicamente.

## IX. BIBLIOGRAFIA.

1. Abdel-Fattah, M. El-Sayed. (2006). Tilapia culture. Edited by CABI Publishing, Cambridge, USA. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://books.google.com.ni/books?id=TrNMeuqdm5gC&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>.
2. Al-Ahmad, T.A., Ridha, M. y Al-Ahmed, A.A. (1988). Production and ration offered of the tilapia *Oreochromis spilius* in seawater. *Aquaculture*, pp 73, : 111-118.
3. Alamilla T.H.(2001). Cultivo de tilapia. Tecno-Campo. Mexico D.F.Mexico :10-12. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [www.zoetecnocampo.com/Documentos/tyilapia/tilapia.htm](http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tyilapia/tilapia.htm)
4. Alfredo Mena H.(2001), Relación entre la gasometría y las variables productivas de la tilapia (Hibrida) *oreochromis niloticus* (linneaus) x *oreochromis mossambicus* (peters), durante la adaptación y cultivo a diferentes salinidades.
5. Arredondo, J.L. & cols.(1994) Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. SEPESCA / UAM-I , Secretaria de Pesca. 89pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=7877&docs=UAM7877.PDF>.
6. ARREDONDO,F.J.L y S.LOZANO,(1996). Fundamentos de acuicultura. Mexico,p.p. 1-23. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [www1.ucol.mx/educacioncontinua/.../manual\\_dctos\\_basicos.pdf](http://www1.ucol.mx/educacioncontinua/.../manual_dctos_basicos.pdf)
7. Bravo C. Chalèn J. Bocca F.(2003).”análisis económico – financiero de la producción y comercialización de la tilapia roja como una opción para la exportación”. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/533/1/975.pdf>
8. Bravo C. Chalèn J. Bocca F.(2003).”análisis económico – financiero de la producción y comercialización de la tilapia roja como una opción para la

- exportación”. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en:  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/533/1/975.pdf>
9. Bhujel. Ram C PhD.(2002) *Manejo Alimentario para Tilapia. Panorama Acuícola*, Vol 7 nº 4. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en:  
[http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01-Especies/archivos/000008Tilapia/071201\\_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php?PHPSESSID=48e9ce9fb78f5d0b878980945cd35e8b](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01-Especies/archivos/000008Tilapia/071201_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php?PHPSESSID=48e9ce9fb78f5d0b878980945cd35e8b)
10. Balarin, J.D. and Haller, R.D. (1982) The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. In: Muir, J.F. and Roberts, R.J. (eds) *Recent Advances in Aquaculture*. Croom Helm, London and Canberra, and Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 267–355. [Consultado en Julio 2013] Disponible en:  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004484869290253H>
11. Carabias L. Julia, (2000). Guía para el cultivo de Tilapia. Secretaria de medio ambiente recursos naturales y pesca. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.slideshare.net/lr18mx/introduccion-al-cultivo-de-tilapia>
12. Cantor A.F. (2007). Manual de producción de tilapia. 135pp. (En línea. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en :  
<http://es.scribd.com/doc/26642997/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>
13. Castillo, C L. F. (2001) *Tilapia roja 2000: Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito doce años después*. Cali-Colombia: 69pp. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en :  
[www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/edited,tedpapers/south%20America/Campo-%20Tilapia20%Roja.doc](http://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/edited,tedpapers/south%20America/Campo-%20Tilapia20%Roja.doc)
14. Cerdá, 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 Julio 2013] Disponible en :  
[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/06\\_20\\_16\\_02jover.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/06_20_16_02jover.pdf)

15. Chacón Edgar (2009). Comparación del crecimiento de tres especies de tilapia (*Oreochromis niloticus*, variedad Stirling; *Oreochromis aureus* y Rock Mountain White ( ♂ *niloticus* x ♀ *aureus*) cultivadas con dos métodos de alimentación en sistemas de flujo continuo. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [http://soyamex.com.mx/acuacultura/tilapia/PORCENTAJES%20-%20copia%20\(2\)%20-%20Dr.%20Chacon.pdf](http://soyamex.com.mx/acuacultura/tilapia/PORCENTAJES%20-%20copia%20(2)%20-%20Dr.%20Chacon.pdf)
16. Chervinski, J. y Zorn, M. (1974) Note on the growth of *Tilapia aurea* (Steindachner) and *Tilapia zillii* (Gervais) in seawater ponds. *Aquaculture*, pp 4, 249-255.
17. Camacho Berthely, E. Luna Romo, C. y M. A. Moreno Rodríguez. Guía para el cultivo de tilapia *Oreochromis* spp. (Gunter, 1984). (2000.) Semarnap. 136 pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/7860/3/guia\\_tilapiaVbn.pdf](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/7860/3/guia_tilapiaVbn.pdf)
18. Crespi, V.; Coche, A. (2008). Glossary of aquaculture/Glossaire d'aquaculture/Glosario de acuicultura. Rome, FAO. 401p. (Multilingual version including Arabic and Chinese) [Consultado en Junio del 2013] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/011/a1555m/a1555m00.HTM>
19. Cruz, E.M., Ridha, M. y Abdullah, M.S. (1991). Production of African freshwater tilapia *Oreochromis spilurus* (Günther ) in seawater. *Aquaculture*, pp 84, 41-48.
20. Denzer, H.W. (1968) Studies on the physiology of young *Tilapia*. *FAO Fisheries Report* 44 (4), 356–366. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.publish.csiro.au/paper/MF10207.htm>
21. Deguara, S. y Agius, C. (1997). Growth performance and survival of tilapia. *Aquaculture Magazine*, November/December 1997 43-54.-1
22. El-Sayed, A.M. (2006). Tilapia culture in salt water: Environmental requirements, nutritional implications and economic potentials. Eighth

Symposium on Advances in Nutritional Aquaculture. November 15–17, Nuevo Leon, Mexico.

23. García U. Manuel, Gallo G. María , Avendaño A. Nuria , Ponce P. Jesús (2006.) Estudio complementario para reducir la inclusión de quistes decapsulados de Artemia en la dieta iniciadora comercial de crías de Tilapia Roja *Oreochromis mossambicus*. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/civa2006/coms/pdf/187.pdf>
  
24. Garcia A., Tume J., Juárez V. (2011.) Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en: [http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista\\_15-02\\_Esp\\_05.pdf](http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista_15-02_Esp_05.pdf)
  
25. Garcés Ricardo, (2001) Comparación del crecimiento y sobrevivencia de dos líneas de tilapia en estanques cubiertos con malla contra pájaros. Honduras: Universidad Zamorano. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.acuacultura.org/images/T1310.pdf>
  
26. Hurtado Totocayo Nicolás, (2001.) Tilapia: La alternativa social y económica del tercer milenio. Revista aquatic. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh\\_tilapia3milenio.pdf](http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_tilapia3milenio.pdf)
  
27. Hida, T.S., Harada, J.R. y King, J.E. (1962). Rearing tilapia for tuna bait. Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service, pp 62, 1-20.
  
28. Hill R. (1976.) Fisiología Animal. Editado. Harper and Row Publishers. 656 pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://books.google.com.ni/books?id=HZaC45m9IMMC&lpg=RA1-PA41&ots=joOZPxd2xJ&dq=Hill%20R.%201976.%20Comparative%20Physiology%20of%20Animals&pg=PP1#v=onepage&q=Hill%20R.%201976.%20Comparative%20Physiology%20of%20Animals&f=false>
  
29. Hoyos. A, Fernández, Reta. J, Suarez. (2011). Manual de Acuicultura para la producción de Mojarra Tilapia. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en:

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

30. Jobling, M. (1995.) Environmental Biology of Fishes. Edit. Chapman and Hall, London. 1a. Edic. 455 pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [http://books.google.com.ni/books/about/Environmental\\_Biology\\_of\\_Fishes.html?id=tUxFmfs1mlkC&redir\\_esc=y](http://books.google.com.ni/books/about/Environmental_Biology_of_Fishes.html?id=tUxFmfs1mlkC&redir_esc=y)
31. Jover Cerdá M (2000.) Estimación del Crecimiento, Tasa de Alimentación y Producción de Desechos en Piscicultura mediante un Modelo Bioenergético. Revista AquaTIC, nº 9, Marzo 2000. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=82>
32. Kirk, R.G. (1972) A review of the recent development in tilapia culture with special reference to fish farming in the heated effluents of power stations. *Aquaculture* 1, 45–60. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0044848672900075> .
33. LA PRENSA (2009). Nicaragua quinta nación exportadora de filete frescos de Tilapia. Granada- Nicaragua. (En línea), disponible en: [http://www.tilapiaenelmundo.mex.tl/141002\\_NICARAGUA.html](http://www.tilapiaenelmundo.mex.tl/141002_NICARAGUA.html)
34. Magid, A., and M. M. Babiker. (1975.) Oxygen consumption and respiratory behaviour of three Nile fishes. *Hydrobiologia* .pp. 46: 359–367.
35. Margarita T. (2003,) ADAPTACIÓN Y CRECIMIENTO DE LAS TILAPIAS *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus* EN AGUA SALADA.
36. Martínez González, E. (2012.) Crecimiento y Desarrollo. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León, Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de biología .pp. 3.
37. Mena A. , Sumano H, Macías R. (2001.) Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio.

[Consultado en Julio 2013] Disponible en:  
<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/revvetmex/a2002/rvmv33n1/rvm33104.pdf>

38. Mires, D. (1995.) The tilapias. pp. 133–152. In: Production of Aquatic Animals: Fishes (eds Nash, C. E., and A. J. Novotony. Elsevier, New York).
39. Morgan, P.R. (1972) Causes of mortality in the endemic tilapia of Lake Chilwa (Malawi). *Hydrobiologia* 40, 101–119. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.readcube.com/articles/10.1007/BF00123596>
40. Paz, M, O. (1997) Tilapia Roja: La gallina del agua.. AUREC. Colombia: 5pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en : [html:univalle.edu.co/~aupec/AUPEC/tilapia.html](http://html:univalle.edu.co/~aupec/AUPEC/tilapia.html).
41. Payne, A.I. and Collinson, R.I. (1983) A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L.) with those of *S. aureus* (Steindachner) and other tilapia of the delta and lower Nile. *Aquaculture* 30, 335–351. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0044848683901746>.
42. Perschbacher, P. W. y McGeachin, R. B. (1988). Salinity tolerance of red hybrid tilapia fry, juveniles and adults. (pp 415-420). En: R.S.V. Pullin; T. Bhukaswan; K. Tonguthai, K. y J. L. Maclean (Eds.). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Philippines.
43. Philippart, J.-C.L. and Ruwet, J.-C.L. (1982) Ecology and distribution of tilapias. In: Pullin, R.S.V. and Lowe-McConnell, R.H. (eds) The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings No. 7, ICLARM, Manila, Philippines, pp. 15-59 [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://books.google.com.ni/books?id=-rtoFIsImzoC&lpg=PA15&ots=Lb5qESEIUr&dq=Ecology%20and%20distribution%20of%20tilapias.&pg=PA15#v=onepage&q=Ecology%20and%20distribution%20of%20tilapias.&f=false>.
44. Prosser L. (1978.) Comparative Animal Physiology. Edit. Saunders College Publishing, 3a. edic. 966 pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [http://books.google.com.ni/books?id=7fQvbFIQBaqC&lpg=PA163&ots=r7\\_A869OZF&dq=Prosser%20L.%201978.%20Comparative%20Animal%20Physiolog](http://books.google.com.ni/books?id=7fQvbFIQBaqC&lpg=PA163&ots=r7_A869OZF&dq=Prosser%20L.%201978.%20Comparative%20Animal%20Physiolog)

[y&pg=PP1#v=onepage&q=Prosser%20L.%201978.%20Comparative%20Animal%20Physiology&f=false](#)

45. Ramos. F, Triminio. S, Meyer. D, Barrientos. A (2006). Determinación de los costos del cultivo de tilapia a pequeña y mediana escala. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en: [http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Determinacion\\_Meyer007.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Determinacion_Meyer007.pdf)
46. Randall D., Burggren W., French K.(1998.) Fisiología Animal. Edit. Mc. Graw Hill-Interamericana. 4a. Edic. 795 pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en <http://books.google.com.ni/books?id=WcUUNQv2LtkC&lpg=PA196&ots=HTj6u3KnyQ&dq=Randall%20D.%20C%20Burggren%20W.%20C%20French%20K.1998.%20Fisiolog%C3%ADa&pg=PP1#v=onepage&q=Randall%20D.,%20Burggren%20W.,%20French%20K.1998.%20Fisiolog%C3%ADa&f=false>
47. Randall, D.J., Wood, C.M., Perry, S.F., Bergman, H., Maloiy, G.M.O., Mommsen, T.P. and Wright, P.A. (1989.) Urea excretion as a strategy for survival in a fish living in a very alkaline environment. *Nature* 337, 165–166. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [http://www.dbbe.fcen.uba.ar/old/materias/fac/LetterExcretor\(2\).pdf](http://www.dbbe.fcen.uba.ar/old/materias/fac/LetterExcretor(2).pdf) .
48. Redner, B. D., and R. R. Stickney. (1979.) Acclimation to ammonia by *Tilapia aurea*. *Trans. Am. Fish. Soc.* .pp. 108 :383–388.
49. Ross, L. G. (2000.) Environmental physiology and energetics. pp. 89–128. In: M. C. M. Beveridge and B. J. McAndrew (eds.) *Tilapias: Biology and Exploitation*, Fish and Fisheries Series 25, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
50. Rigoberto Castro Rivera, José de la Paz Hernández Girón, Gisela Aguilar Benítez. (2004.) Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de *Tilapia* (*Oreochromis* sp.) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca, México. *Revista AquaTIC*, nº 20, pp. 38-43. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=172>
51. Saavedra M. (2006.) Manejo del Cultivo de Tilapia. . (En línea). [Consultado en Julio 2013] Disponible en: [http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades del cultivo de Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf).

52. Sarig, S. (1969.) Winter storage of tilapia. FAO Fish Culture Bulletin. pp.2: 8–9.
53. Trewavas, E. (1982.) Tilapias: taxonomy and speciation. In R. S. V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds) *The Biology and Culture of Tilapias*. ICLARM. Conference Proceedings. 7:3-13. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://books.google.com.ni/books?id=rtoFIsImzoC&lpg=PA3&ots=Lb5pJXAESz&dq=Tilapias%3A%20taxonomy%20and%20speciation.&pg=PR1#v=onepage&q=Tilapias:%20taxonomy%20and%20speciation.&f=false>.
54. Tsadik, G.G. and Kutty, M.N. (1987) *Influence of Ambient Oxygen on Feeding and Growth of the Tilapia, Oreochromis niloticus (Linnaeus)*. UNDP/FAO/NIOMR, Port Harcourt, Nigeria, 13 pp. [Consultado en Julio 2013] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC168E/AC168E00.htm>.
55. Watanabe, W.O., Ellingson, L., Wicklund, R.I. y Olla, B.L. (1988). The effects of salinity on growth, food consumption and conversion in juvenile red tilapia. (pp 515-523). En: R.V.S. Pullin; T. Bhukaswan; K. Tonguthai y J.I. Maclean (Eds.). *The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. ICLARM Conference Proceedings 15, 623 pp.
56. Watanabe, W.O., Kuo, C.M. y Huang, M.C. (1985a). Salinity tolerance of Nile tilapia fry (*Oreochromis niloticus*) spawned and hatched at various salinities. *Aquaculture*, pp. 48, : 159-176.
57. Watanabe, W.O., Kuo, C.M. y Huang, M.C. (1985b). The ontogeneity of salinity tolerance in the tilapias *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, and *O. mossambicus* x *O. niloticus* hybrid, spawned and reared in freshwater. *Aquaculture*, pp. 47, 353-367.
58. Wicki, G. & Gromenida, M. (1997) Estudio de desarrollo y promoción de tilapia (*O. niloticus*). Secretaria de agricultura, Pesca y Alimentación Buenos Aires. Argentina Julio 1997. [Consultado en Julio 2013] Disponible en : <http://aquatic.inizar.es/n1/art204/Tilapia.htm>.

## X. ANEXOS.



