

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN – LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA ACUÍCOLA



Tesis previa para optar el título de Ingeniero Acuícola

Tema:

Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos.

Presentado por:

Br. Milagros Mercedes Pérez Muñoz.

Br. Martha Isabel Sáenz Ramos

León, Mayo 2015

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN – LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA ACUÍCOLA



Tesis previa para optar el título de Ingeniero Acuícola

Tema:

Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos.

Presentado por:

Br. Milagros Mercedes Pérez Muñoz.

Br. Martha Isabel Sáenz Ramos.

Tutor:

Dr. Evenor Martínez G.

León, Mayo 2015



## RESUMEN

La tilapicultura en Nicaragua ha sufrido altos y bajos en su producción, lograr nuevas tecnologías y enfoques productivos que hagan independientes su crianza de la naturaleza es un reto que debemos afrontar, como obtener una crianza que resulte con más biomasa y en menor tiempo es la aspiración de todo acuicultor. El objetivo principal de este experimento fue comparar los parámetros poblacionales de las tilapias Oreochromis niloticus que crecen en cultivos Monosexuales y Ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos, esto para determinar que cultivo obtuvo mayor crecimiento, se realizó la toma de factores físico-químicos (Oxígeno Disuelto, Temperatura y pH en el agua) y parámetros poblacionales (Crecimiento Acumulado, Sobrevivencia y Factor de Conversión Alimenticia). Recolectamos datos durante 25 días en la cual las Tilapias Oreochromis niloticus tuvieron un peso inicial de 77.43 gr en ambos cultivos; adquiriendo un crecimiento final en el cultivo monosexual de 135.42 gr, con una biomasa final de 57.99 gr (equivalente a 3,193 lbs/ha); en cambio el cultivo de ambos sexos obtuvo un crecimiento final de 112.73 gr, con una biomasa final de 35.3 gr (equivalente a 1,934 lbs/ha). Concluimos que el cultivo monosexual ganó mayor biomasa en menos tiempo, dado que estos solamente se dedicaron a alimentarse, sin embargo el cultivo de ambos sexos ganó poca biomasa ya que el alimento ingerido lo ocuparon para la preparación de la maduración sexual y así entrar a la etapa de reproducción. Por lo que al final del experimento aceptamos la hipótesis alternativa que dice que el crecimiento de la tilapia Oreochromis niloticus es diferente cuando se cultiva solo machos, que cuando se cultivan los dos sexos.

## DEDICATORIA

A nuestro Señor Jesucristo por darnos la vida, la salud y las innumerables bendiciones a los largo de nuestra vida.

A nuestros padres por su amor y apoyo incondicional los que durante nuestra carrera nos han brindado su apoyo para lograr nuestra meta.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darnos la vida, la salud y la oportunidad de vivir en esta etapa tan importante de nuestras vidas.

A nuestros padres por su apoyo incondicional.

A nuestro tutor Dr. Evenor Martínez G, por su apoyo durante todo este proceso y a la MSc. Claudia Herrera, por su colaboración en la enseñanza de toda la carrera.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS .....	IV
II. OBJETIVOS .....	7
III. HIPÓTESIS .....	8
IV. LITERATURA REVISADA.....	9
4.1. Generalidades de las Tilapias ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	9
4.1.1. Morfología externa .....	10
4.2. Hábitos alimenticios .....	16
4.3. Ciclo de vida de las tilapias .....	16
4.4. Crecimiento de la Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	18
4.5. Factores afectan el crecimiento de la Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	18
4.5.1. Nutrición .....	19
4.5.2. Sexo .....	20
4.5.3. Estrés .....	20
4.5.4. Densidad y Oxígeno Disuelto .....	21
4.5.5. Temperatura.....	22
4.5.6. Talla y Edad .....	22

4.5.7. Sistema Endocrino .....	23
4.5.8. Enfermedades .....	23
4.6. Sistema Reproductivo .....	24
4.6.1. Características de la reproducción en ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	24
4.6.2. Condiciones ambientales para reproducción.....	27
4.6.3. Hábitos reproductivos.....	29
4.6.4. Hormonas que se activan en el organismo en condiciones ambientales para la reproducción.....	29
4.6.5. Tipos y mecanismos de reproducción .....	30
4.6.6. Fecundación externa de la Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	31
4.6.7. Hormona inhibidora para que solo sean machos .....	31
4.7. Sistemas de producción de las tilapias ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	33
4.8. Tipos de Cultivo en Tilapias ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	37
4.8.1. Cultivo Monosexual .....	37
4.8.2. Cultivo de Ambos sexos .....	38
4.9. Calidad de agua .....	38
4.10. Oxígeno Disuelto .....	39
4.11. Temperatura.....	40
4.12. pH.....	40

4.13. Nutrición y alimentación de las Tilapias ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	41
4.14. Parámetros poblacionales .....	49
4.14.1. Crecimiento acumulado.....	50
4.14.2. Ritmo de crecimiento.....	50
4.14.3. Tasa de Crecimiento .....	51
4.14.4. Supervivencia.....	51
4.14.5. Factor de Conversión alimenticio .....	51
4.14.6. Rendimiento productivo.....	52
V. MATERIALES Y METODOS.....	53
5.1. Localización del sitio de trabajo.....	53
5.2. Dispositivo .....	53
5.3. Diseño experimental.....	54
5.4. Preparación del agua .....	55
5.5. Sexado Manual .....	55
5.6. Aclimatación .....	55
5.7. Siembra .....	56
5.8. Medición de Factores físico-químicos .....	56
5.8.1. Oxígeno disuelto y Temperatura .....	56
5.8.2. pH.....	56

5.8.3. Alimentación.....	56
5.9. Parámetros de crecimiento:.....	57
5.9.1. Crecimiento acumulado.....	57
5.9.2. Ritmo de crecimiento.....	57
5.9.3. Tasa de crecimiento.....	58
5.9.4. Sobrevivencia.....	58
5.9.5. Factor de Conversión alimenticio.....	58
5.9.6. Rendimiento productivo.....	59
5.9.7. Manejo de datos.....	59
VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
6.1. Factores físico-químicos.....	60
6.1.1. Oxígeno Disuelto.....	60
6.2. Temperatura.....	62
6.3. pH.....	63
6.2. Parámetros poblacionales.....	64
6.2.1. Crecimiento Acumulado.....	64
6.2.2. Ritmo de Crecimiento.....	66
6.2.3. Tasa de Crecimiento.....	67
6.2.4. Sobrevivencia.....	68

6.2.5. Rendimiento Productivo .....	69
6.2.6. Factor de Conversión Alimenticia .....	70
VII. CONCLUSIÓN .....	71
VIII. RECOMENDACIONES .....	73
IX. BIBLIOGRAFÍAS .....	74
X. ANEXOS .....	86

## I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cultivo de tilapia se ha incrementado en muchos países del mundo debido a su precocidad, proliferación, tolerancia a altas densidades de siembra, resistencia a las enfermedades, disponibilidad de las tecnologías de cultivo y su aceptación de una amplia variedad de alimentos.

El cultivo de Tilapia, responde a las expectativas que tienen que ver con las estrategias para el combate contra el hambre y la inseguridad alimentaria y nutricional debido al alto contenido proteínico de las especies sometidas a cultivo. El consumo de éste pez se está incrementando, en los países en desarrollo e industrializados y es considerada como una de las especies más cultivadas y más importantes del siglo XXI. (Díaz et-al, 2012).

La facilidad con que la tilapia produce alevines la hace una buena especie de cultivo. Sin embargo, la crianza de grupos de peces con ambos sexos ha dado como consecuencia la reproducción de las tilapia después de los 40 gramos de peso. Esto trae como consecuencia que la energía consumida en los alimentos se oriente fisiológicamente a la formación de gónadas y no al crecimiento, teniendo por lo tanto un impacto negativo en la producción de esta especie. (Bocek, 2002)

Para darle solución a este problema de distribución de energía a la reproducción es necesaria en criar y producir un único sexo (Monosexo), en este caso machos, ya que crecen más rápido que las hembras. Enfrentando este problema con una forma innovadora a través de la aplicación de genética básica, Sexado visual, cruzamiento genéticos tradicionales o por reversión sexual por inducción hormonal. (Anónimo 7; 2008)

Con nuestro trabajo se pretendió observar el crecimiento de Tilapias en dos condiciones: 1.- Cultivo Monosexual y 2.- Ambos sexos, demostrar cuál de los dos sistemas de cultivo tiene mayor crecimiento, y aportar al conocimiento de técnicos y productores a puntualizar que cultivo les favorece en cuanto al crecimiento de tilapias.

## II. OBJETIVOS

### Objetivo General

Comparar los parámetros poblacionales de las tilapias Oreochromis niloticus que crecen en cultivos Monosexuales y Ambos sexos en sistemas de producción semi-intensivos.

### Objetivo Específicos

1. Verificar que los factores físico-químicos del agua del cultivo: oxígeno disuelto, temperatura y pH no presenten diferencias significativas entre repeticiones de un mismo tratamiento.
2. Determinar el Crecimiento Acumulado, el Ritmo de Crecimiento y la Tasa de Crecimiento de las tilapias Oreochromis niloticus en los cultivos monosexuales y ambos sexos.
3. Calcular la Supervivencia, Rendimiento Productivo y el Factor de Conversión Alimenticia de las tilapias Oreochromis niloticus en las condiciones experimentales.

### III. HIPÓTESIS

#### Hipótesis Nula

Ho. El crecimiento de la Tilapia *Oreochromis niloticus* es igual cuando se cultiva monosexual (solo Machos) y ambos sexos (Hembras y Machos).

#### Hipótesis Alternativa

Hi. El crecimiento de la Tilapia *Oreochromis niloticus* es diferente cuando se cultiva solo machos, que cuando se cultivan los dos sexos.

## IV. LITERATURA REVISADA

### 4.1. Generalidades de las Tilapias (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez nativo de África que ha sido introducido a muchos países del mundo. Es resistente a enfermedades, se reproduce con facilidad, consume una gran variedad de alimentos y tolera aguas con bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

Presenta bandas negras verticales en la aleta caudal; pecho blanco; extremo de la aleta abdominal anterior al ano; aleta dorsal con 16 a 18 espinas duras y 12 a 13 restantes suaves. Se suma la aleta caudal con 3 espinas duras y restantes 8 a 11 suaves, 31 a 35 escamas a lo largo de la línea lateral, 5 escamas hacia arriba y 12 hacia abajo de la línea lateral. (Anónimo 9; 2008)

Clasificación científica	
Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Chordata</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Subclase	<i>Neopterygii</i>
Infraclase	<i>Teleostei</i>
Superorden	<i>Acanthopterygii</i>
Orden	<i>Perciformes</i>
Familia	<i>Cichlidae</i>
Genero	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>O. niloticus</i>

(Anónimo 9; 2008)

Habitan en aguas lenticas principalmente someras y turbias como lagos, lagunas, litorales, charcos, así como también en loticas (aguas corrientes) a orillas de ríos entre piedras y plantas acuáticas e inclusive en aguas marinas. Prefieren el fondo

lodoso, toleran altas salinidades, son peces eurihalinos, ósea que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, el rango de tolerancia es de 0.0 ppm a 40.0 ppm (partes por mil) en algunos casos, se ha presentado por arriba de esta salinidad.

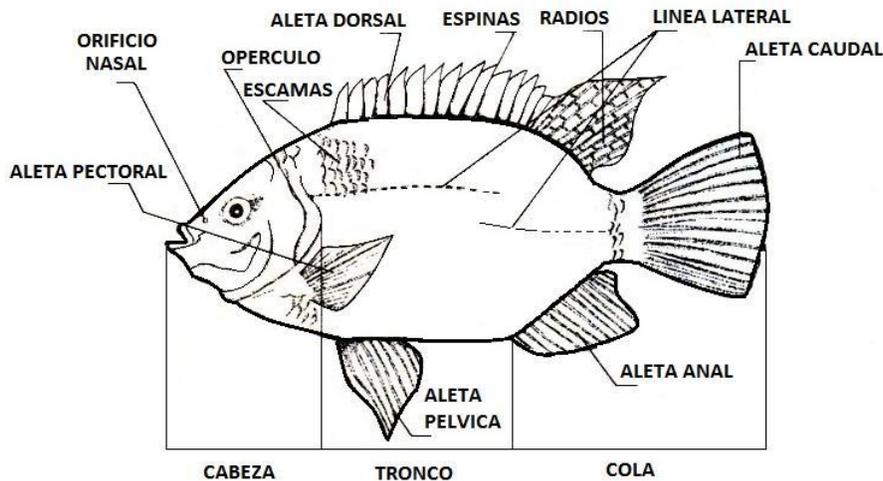
Son especies euritermas, siendo el rango de tolerancia de 12.0 °C a 40.0 °C. La temperatura ideal para su cultivo fluctúa entre 29.0 °C aunque se reproducen a los 18 °C, además soportan concentraciones de oxígeno bastante bajas, su requerimiento mínimo es de 1.0 mg/l. (Anónimo1; 2009).

Las tilapias presentan un comportamiento reproductivo muy particular; los machos eligen el sitio de desove, ellos, construyen el nido en forma de batea, el cual es limpiado constantemente esperando atraer a una hembra. Así mismo, el área es defendida continuamente de la invasión de otros machos, con movimientos de natación agresivos. La hembra después del cortejo, nada dentro del nido, soltando los huevos, seguida de cerca por el macho, quién expulsa el esperma en la cercanía del desove; por lo que la fecundación de los huevos es externa. Una vez fertilizados los huevos, la hembra los recoge y coloca en su boca para su incubación. Este periodo tiene una duración de 3 a 6 días dependiendo de la temperatura del agua. Para la reproducción de la tilapia es recomendable mantener la temperatura en el rango de 28 a 31 °C. (Anónimo 8; 1997).

#### **4.1.1. Morfología externa**

La familia Cichlidae se caracteriza por presentar peces de coloración oscura grisácea con manchas negras, principalmente nativos de África, América Central y la parte tropical de Sudamérica. Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo, es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies, la cabeza del macho invariablemente más grande que la de la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejido grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (Dimorfismo sexual).

La boca protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Presentan membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos y un número de branquiespinas, según las diferentes especies. (Hurtado; 2005)



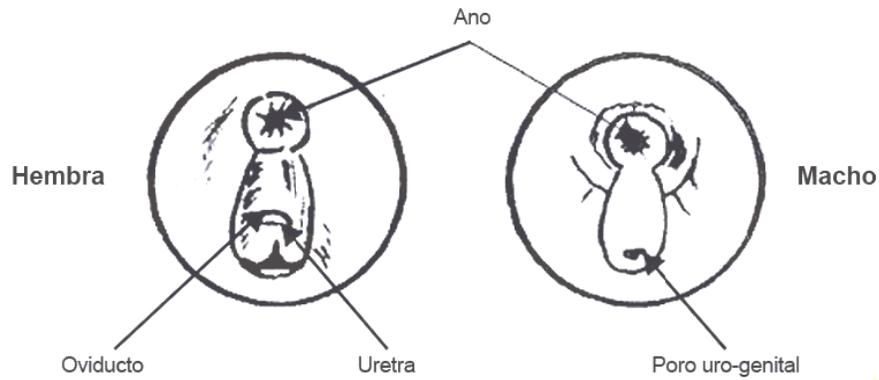
**Fig.3.** Morfología externa de Tilapia (Morales; 2003).

#### 4.1.2. Caracteres sexuales

La diferenciación externa de los sexos se basa en que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario. El ano está siempre bien visible; es un agujero redondo.

El orificio urogenital del macho es un pequeño punto. En algunas especies la papila genital está bien desarrollada y dividida en largos filamentos blancuecinos, que durante el período de reproducción pueden alcanzar varios centímetros.

El orificio urinario de la hembra es microscópico, apenas visible a simple vista, mientras que el poro genital se encuentra en una hendidura perpendicular al eje del cuerpo. (García; 2010)

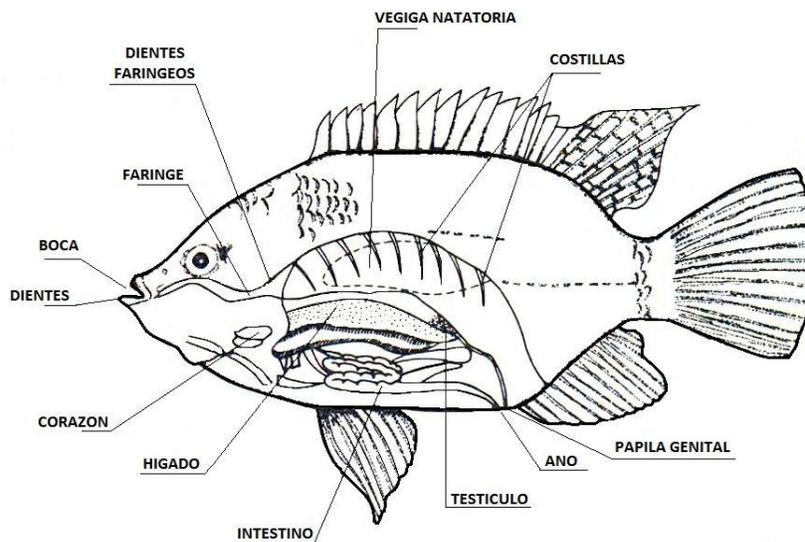


**Fig. 2.** Papilas genitales en tilapias, (Quintanilla; 2008)

#### 4.1.3. Morfología Interna

Se inicia en la boca, que presenta en su interior, dientes mandibulares que pueden ser unicúspides, bicúspides y tricúspides según las distintas especies, continúa en el esófago hasta el estómago, el intestino es de forma de tubo hueco y redondo que se adelgaza después del píloro.

El esqueleto de la Tilapia, se presenta completamente clasificado, con una columna vertebral bien definida, a lo largo con espinas en las tres cuartas, hasta su terminación en unos huesecillos llamados hipurales, en donde se forma la aleta caudal.



**Fig. 4.** Morfología interna de Tilapia (Morales; 2003)

El intestino mide 7 veces que la longitud total del cuerpo. Asociado con un tracto digestivo, presenta dos glándulas muy importantes, siendo una de ellas el hígado, que es un órgano grande en tamaño y de forma alargada. En su parte superior y sujeta a éste, se presenta una estructura pequeña y redonda de coloración verdosa llamada vesícula biliar, la cual se comunica con el intestino por un pequeño y diminuto tubo, el cual recibe el nombre de conducto biliar.

La tilapia es un pez clasificado ecológicamente cómo herbívoro o fitoplanctívoro. Ellos consumen las algas y otros organismos suspendidos en la columna del agua. El pez tiene unas espinas a lo largo de los arcos de cartílago que sostienen físicamente a las branquias. Con estas espinas el pez puede filtrar material del agua que pasa por su boca. El material acumulado en estas branqui-espinas se mezcla con una capa de moco producida en la cavidad bucal del pez. Eventualmente la capa de moco es conducida a la faringe y esófago para entrar en el sistema digestivo del pez.

La tilapia cuenta con pequeños dientes en sus pre-maxilas maxilas para raspar el perifiton de las superficies de objetos sumergidos en el agua. Todo material introducido a la garganta es triturado por acción de dientes faríngeos ubicados en placas superior e inferior. El estómago de la tilapia no es anatómicamente evidente. La primera porción del intestino presenta secreción de ácido y pH bajo para promover el desdoblamiento de las paredes celulares de bacterias y algas. Típicamente la tilapia consume alimento durante todas las horas del día. En los cultivos los peces aprenden a consumir alimento ofrecido en la noche.

El intestino de la tilapia es largo, típico de los animales herbívoros. Se estima el tiempo de pasaje del alimento por el tracto digestivo de la tilapia en ocho a más de 24 horas. (Morales, 2003)

El riñón, es un filtro de forma ovoide que presenta un solo glomérulo, la sangre fluye a través de éste mediante unos tubos hacia los uréteres, que secretan en la vejiga y posteriormente secretan al exterior. El sistema circulatorio, representado

por el corazón, es un órgano de forma redonda generalmente bilobular compuesto por tejidos musculares, localizado casi en la base de la garganta. (Morales; 2003)

La otra glándula digestiva importante es el páncreas, representado por pequeños fragmentos redondos, no muy fáciles de observar a simple vista ya que está incluido en la grasa que rodea a los ciegos pilóricos.

El sistema circulatorio está constituido por el corazón, órgano redondo, generalmente bilobular, compuesto por tejido muscular y localizado en la base de la garganta.

Posee una vejiga natatoria adherida a las bases intermedia por debajo de la columna vertebral, es una bolsa alargada, es un órgano hidrostático que le sirve para flotar a diferentes profundidades.

El sistema excretor está constituido por un riñón que es un filtro ovoide compuesto por un solo glomérulo, por el que fluye la sangre mediante unos tubos hacia los uréteres, que secretan en la vejiga natatoria y desde ella hacia el exterior.

El sistema reproductor está constituido por un par de gónadas. En las hembras los ovarios son de forma alargada y tubular de diámetro variable. En los machos los testículos también son pares y están situados en la parte superior por encima del hígado y por debajo de la vejiga natatoria, en forma de pequeños sacos alargados. (Castillo; 2011)

El sistema Hormonal de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) la reproducción es regulada por el cerebro a través de la hormona liberadora de gonadotrofina (GnRH) que se produce específicamente en el hipotálamo (Harvey et-al; 1980). Este decapeptido estimula la producción de gonadotrofinas (GtH) por parte de la hipófisis o pituitaria. En algunos peces la dopamina es un inhibidor negativo de la producción y liberación de GtH por parte de la hipófisis (Zohar et-al; 1988). El control de la reproducción que realiza esta glándula es a través de dos hormonas gonadotrofinas: la hormona folículo estimulante (FSH o GtH I), que regula la

vitelogenesis en hembras y la espermatogenesis en los machos, y la hormona luteinizante (LH o GtH II), encargada de controlar la maduración final del oocito en las hembras. (Peter et-al 1997)

Las hembras durante la vitelogenesis, la Hormona folículo estimulante (FSH) o la hormona luteinizante (LH) estimulan la producción de testosterona (T) en las células de la teca y su aromatización a  $17\beta$ -estradiol (E2) en las células de la granulosa del folículo ovárico. El incremento de E2 en el plasma estimula la producción de vitelogenina (VGT) en el hígado, la que es reconocida por receptores de membrana e incorporada por el oocito a través de micropinocitosis, proceso que es regulado por la hormona folículo estimulante (FSH). Al finalizar la vitelogenesis, incrementan los niveles plasmáticos de hormona luteinizante (LH) que produce un marcado aumento de los niveles plasmáticos del esteroide inductor de la maduración (MIS) que actúa a nivel de la membrana del oocito induciendo su maduración final (FOM). (Peter et-al 1997)

En los machos las gonadotrofinas regulan la espermatogenesis a través de la producción de andrógenos por el testículo, específicamente de la 11-ketotestosterona (11-KT) por las células de Leydig que se encuentran en la periferia de los lóbulos testiculares. La testosterona (T) es un precursor de la 11-ketotestosterona (KT) y sus niveles plasmáticos varían durante el ciclo reproductivo en las diferentes especies, encontrándose una tendencia general de un marcado aumento de los niveles plasmáticos de ketotestosterona (11-KT) durante la espermatogenesis y una disminución antes o durante el periodo de espermiacion. La acción de la ketotestosterona (11-KT) llega finalmente a estimular las células de Sertoli que son las encargadas de activar la espermatogenesis (Mylonas et-al; 2001). En forma similar a lo ocurrido en hembras, un incremento en los niveles plasmáticos de hormona luteinizante (LH) al comienzo de la estación de desoves causa un aumento en la esteroidogenesis a nivel testicular junto con la producción de MIS (Nagahama; 1994). La hormona luteinizante (LH) y el inductor de la maduración (MIS) inducen un incremento en los niveles de semen producidos a través de la estimulación de la producción del

plasma seminal, y el inductor de la maduración (MIS) estimula la capacidad de movimiento del espermatozoide a través de un ascenso del pH en el plasma seminal (Miura et-al; 1995).

#### **4.2. Hábitos alimenticios**

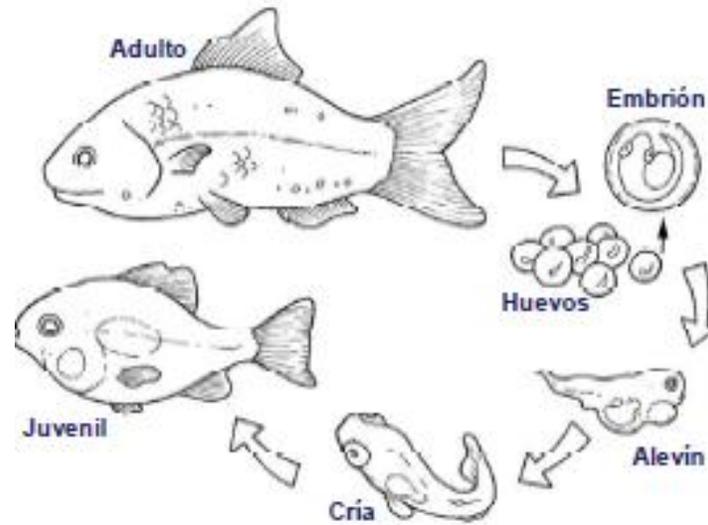
Los juveniles y los peces jóvenes son omnívoros, alimentándose principalmente de zooplancton y zoobentos, aunque también ingieren desechos y se alimentan de materia en suspensión coloidal y fitoplancton. Cerca de los 6 cm, la especie se vuelve casi completamente herbívora, alimentándose principalmente de fitoplancton y utilizando el mecanismo mucoso y sus dientes faríngeos. El pH del estómago varía con el grado de saciedad y cuando totalmente están saciadas, el pH puede descender incluso a 1.4, de manera que se facilite la lisis de las algas azul-verdes, las verdes y las diatomeas. La digestión enzimática ocurre en el intestino, donde el pH aumenta progresivamente desde 5.5 a la salida del estómago hasta 8 cerca del ano. La tilapia del Nilo muestra un patrón de alimentación diurno. La ingestión ocurre durante el día y la digestión principalmente en la noche. (Jauncey; 2000)

El alimento representa aproximadamente el 50% de los costos de producción, es por esto que un mal manejo de alimento, o un programa inadecuado de alimentación disminuye la rentabilidad del crecimiento. La cantidad y el tipo de alimento a suministrar debe ser controlado y evaluado periódicamente para evitar costos excesivos. Así mismo, del alimento también depende el sabor del producto, si el pez no tiene cubierto los requisitos diarios, entonces buscara alimentos del fondo del estanque, y su carne adquirirá un sabor desagradable. (Morales; 2003)

#### **4.3. Ciclo de vida de las tilapias**

En estanques, cuando las condiciones son adecuadas, la Tilapia alcanza su madurez sexual a partir de los tres meses de edad, observándose cinco etapas básicas: desarrollo embrionario, alevín, cría, juvenil y adulto. El desarrollo embrionario comienza cuando se lleva a cabo la fecundación. Posteriormente, una

vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio peri-vitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más energéticos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente.



**Fig. 1.** Ciclo de vida de la Tilapia. (Saavedra; 2006).

La etapa de alevín dura alrededor de 3 a 5 días; el alevín se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre. Posteriormente, se le considera cría donde alcanza una talla de 3 a 7 cm. Cuando la Tilapia tiene una talla que varía entre 7 y 10 cm se considera que esta en una etapa juvenil, y cuando presenta tallas de 10 a 18 y pesos entre 70 y 100 gramos es considerado adulto.

Cabe mencionar que el crecimiento de la Tilapia en sus diferentes etapas va a depender de varios factores como son: temperatura, densidad y tipo de alimentación principalmente. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 5 a 8 meses, el crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 500 a 600 gramos. (Anónimo 2; 2011).

#### **4.4. Crecimiento de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

El crecimiento de las tilapias es influenciado por la calidad del alimento y cantidad consumida, debida a que las tilapias no presentan un estómago anatómico obvio, es importante ofrecer la cantidad diaria del alimento en varias porciones, por ejemplo el uso de un alimento extruido permite observar el consumo por los peces y alimentar a saciedad, por lo tanto, el proceso de extrusión hace los ingredientes más fáciles de digerir para los peces. (García; 2010)

El crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar. (García; 2010)

Para la alimentación de los peces en su diferente estadio, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con el que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez. También se debe considerar que en la elaboración de alimentos balanceados para el cultivo intensivo de tilapia, el suplemento de proteína puede llegar a representar más del 50% del costo total del alimento. Por otro lado, también se debe tener en cuenta que el nivel de proteína en la dieta la cual produce máximo crecimiento se ve influenciada por múltiples factores como son: El contenido de energía en la dieta, estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez), factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto) además de la calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales) y la tasa de alimentación. (Anonimo; 2002)

#### **4.5. Factores afectan el crecimiento de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

Aunque en condiciones normales la bioenergética de los organismos es un proceso en relativo equilibrio, existen diversos factores intrínsecos y extrínsecos que pueden alterar dicho equilibrio, en donde el organismo canaliza una mayor

cantidad de energía a distintos procesos con el fin de mantener un estado de homeóstasis y asegurar su integridad fisiológica. A continuación se mencionan diversos factores que tienen un efecto sobre el crecimiento.

#### **4.5.1. Nutrición**

El estado nutricional es uno de los factores más determinantes en el crecimiento de los peces o crustáceos. Cada especie tiene distintos hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales específicos; es por ello que no puede hablarse de un alimento con características óptimas para los organismos acuáticos en general (D'Abramo et-al; 1993)

La energía es obtenida a partir de los macronutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos); los aminoácidos que forman las proteínas son esencialmente utilizados por los organismos para la formación de tejidos y hormonas. Los lípidos y carbohidratos en cambio son utilizados principalmente para la obtención de energía (Lehninger; 1995).

La cantidad y calidad de los nutrientes ingeridos, tienen un efecto directo sobre el crecimiento. Si el alimento tiene alta cantidad de energía y poca proteína, el organismo cubrirá sus necesidades energéticas pero no tendrá sustrato suficiente para formar tejido y estructuras. Por otro lado, si hay una gran cantidad de proteína y poca energía el organismo no tendrá suficiente energía para realizar sus funciones fundamentales y la obtendrá a partir de los aminoácidos, lo cual es menos redituable en términos costo-beneficio ya que se necesita una mayor cantidad de ATP para obtener energía de estos compuestos. (Dokken; 1987).

Incluso, se ha propuesto que un exceso de proteína puede ocasionar acumulación de metabolitos tóxicos como el amonio, en la hemolinfa de crustáceos, lo cual aumenta el riesgo de muerte y reduce el crecimiento (Guzmán et-al; 2001). De lo anterior se desprende que el equilibrio en la relación proteína/energía en el alimento es de suma importancia.

El requerimiento de proteína depende en gran medida de los hábitos alimenticios de la especie; mientras que especies herbívoras requieren bajas cantidades de proteína especies omnívoras y sobre todo carnívoras requieren altas cantidades de proteína debido a que ellas obtienen una considerable fracción de su energía requerida a partir de los aminoácidos. La calidad de los nutrientes también juega un papel importante; si la calidad de los lípidos y carbohidratos no es la óptima, las células tomarán energía de los aminoácidos destinados al crecimiento. Por otra parte, si la proteína no tiene el perfil adecuado de aminoácidos, parte de ellos serán utilizados como energía y no como sustrato para crecimiento. (Fuller et-al; 1977)

Además del requerimiento de macro nutrientes, también existe un requerimiento por micro nutriente como vitaminas y mineral; la dieta deficiente en determinados minerales esenciales tendrá un efecto negativo sobre el crecimiento, al igual que una inadecuada proporción entre distintas vitaminas y minerales. (D'abramo et-al; 1997)

#### **4.5.2. Sexo**

El sexo es un factor que tiene que ver con la tasa de crecimiento. En algunas especies, el macho cuenta con una tasa de crecimiento más acelerada que la hembra, debido a que la hembra destina una mayor cantidad de energía en la producción de gametos y vitelogenina para propósitos de reproducción (Lucas; 1996)

#### **4.5.3. Estrés**

El estrés ambiental afecta significativamente la utilización y flujo de energía en un organismo debido a que hay un efecto directo sobre su metabolismo. El estrés generalmente se presenta en sistemas de cultivo, ya que los organismos están expuestos a condiciones variables o francamente adversas de varios parámetros, como por ejemplo: temperatura, salinidad, OD, densidad, metabolitos tóxicos, entre otros (Beamish et-al; 1996). También las actividades comunes en una granja

como: manipulación de organismos en biometrías, limpieza de tanques de cultivo, recambio de agua, etc., provocan un estrés adicional a los organismos. Por otro lado, en el ambiente marino, difícilmente existirán este tipo de condiciones debido a que la mano del hombre no modifica las condiciones ambientales; aunque el medio trae consigo sus propias condiciones estresantes como la pesca, competencia por alimento, presencia de depredadores, descarga de aguas residuales al mar, fenómenos naturales (“el Niño”, mareas rojas), entre otros.

El estrés provoca un aumento significativo en la demanda energética debido al aumento en el metabolismo y a las reacciones de alarma que emite el sistema nervioso al percibir un estado de estrés. Los peces sometidos a condiciones de estrés aumentaban su consumo de glucosa hasta por 30 veces. En los sistemas de cultivo, los organismos no pueden huir de condiciones sub-óptimas (si las hay), por lo que deben llevar a cabo ajustes metabólicos tales como el aumento en la secreción de hormonas como el cortisol, proteínas del shock térmico, etc. La síntesis y acción de estas hormonas conlleva un incremento en la demanda energética (Barton et-al; 1991)

#### **4.5.4. Densidad y Oxígeno Disuelto**

Hace 30 años, (Brett; 1979) observó que altas densidades de organismos por unidad de volumen de agua, así como bajas concentraciones de oxígeno disminuían el crecimiento y eficiencia de conversión de alimento de los animales cultivados. Esto se debe a que no hay la cantidad suficiente de oxígeno para el metabolismo oxidativo de los nutrientes ni para obtener la cantidad de energía necesaria para cubrir todas las necesidades, por lo que el metabolismo de rutina y mantenimiento se vuelve prioridad antes que el crecimiento.

El problema de la densidad se presenta solo bajo condiciones de cultivo, al haber un elevado número de organismos por unidad de volumen hay un mayor consumo de oxígeno y de alimento, mayor producción de metabolitos tóxicos y menor espacio entre organismos; todo esto conlleva estrés al organismo, lo cual

representa un aumento adicional a la demanda energética, afectando negativamente el crecimiento. (Costas et-al; 2007).

#### **4.5.5. Temperatura**

La temperatura es un factor que afecta directamente el metabolismo de los animales (Reet-al; 2004). A medida que aumenta la temperatura, también aumenta la tasa metabólica y viceversa (Prosser et-al; 1986). Al incrementarse la tasa metabólica también lo hace la demanda energética (Clarck et-al; 2006), por lo cual, el organismo consume una mayor cantidad de alimento, provocando que la tasa de crecimiento también se vea incrementada. Esto sucede hasta cierto punto, en el cual la temperatura es óptima para que el organismo tenga su mayor tasa de crecimiento. A partir de ese punto, a medida que la temperatura aumente, la tasa metabólica y consumo de alimento seguirán incrementándose, pero la tasa de crecimiento comenzará a disminuir, ya que, aunque el organismo consuma una mayor cantidad de energía, esta no será utilizada para el crecimiento, sino para satisfacer las necesidades de un metabolismo acelerado.

#### **4.5.6. Talla y Edad**

Los organismos de menos talla, como por ejemplo larvas o juveniles de peces, tienen una alta tasa metabólica por unidad de volumen en comparación con organismos de mayor tamaño. Animales pequeños consumen una mayor cantidad de energía de la cual canalizan una mayor fracción a la formación de estructuras y tejidos en comparación con organismos de mayor talla (Costas et-al; 2007). Esto significa que, a medida que aumenta la talla, la tasa de crecimiento disminuye.

Una vez que un pez o crustáceo ha alcanzado su máxima talla, su tasa de crecimiento es nula y la energía que anteriormente era canalizada a crecimiento ahora es dirigida hacia la reconstrucción de tejidos dañados, renovación de estructuras corporales, así como también a la reproducción (Lucas; 1996). En acuicultura esto no es un escenario deseable ya que representa un gasto de alimento improductivo; por lo que es recomendable cosechar al momento que se

observa que los organismos están formando gónadas. La edad tiene un efecto similar al de la talla, pues a medida que aumenta la edad, disminuye la tasa de crecimiento (Ortega et-al; 1987)

#### **4.5.7. Sistema Endocrino**

El crecimiento de los peces está regulado por la liberación de la hormona del crecimiento (HC). Esta hormona es pleotrópica, es decir que tiene un efecto sobre varias funciones del organismo, tales como la promoción del crecimiento, movilización de energía química, desarrollo de gónadas, apetito y comportamiento social. (Beamish et-al; 1996)

El control de la HC es multifactorial ya que existen varios estimuladores e inhibidores de su secreción pituitaria. La liberación de esta hormona está controlada por la hormona somatostatina que es un neuropéptido que inhibe su liberación. La acción de ambas hormonas, HC y somatostatina, puede ser regulada principalmente por factores ambientales y estado nutricional (Arévalo et-al; 2011)

#### **4.5.8. Enfermedades**

Cuando un organismo se encuentra enfermo, su tasa de crecimiento se ve significativamente disminuida, debido a que ingieren poco o ningún alimento, y además el organismo invierte energía en la formación de nuevos anticuerpos (Beamish et-al; 1996). La actividad disminuye debido a la destrucción de eritrocitos y por ende la incapacidad de transportar el suficiente oxígeno (Cerde et-al;1998), lo que provoca que algunos procesos metabólicos (glucogénesis) se incrementen, y como consecuencia el glucógeno del hígado disminuye drásticamente; las proteínas y glucosa de la sangre también disminuyen y se presentan problemas en la osmorregulación (Devlin et-al; 2002), de tal manera que el flujo de energía cambia debido a las nuevas condiciones, por lo que bajo tales circunstancias es prioritario aportar mayor energía al sistema inmune con el objetivo de asegurar la supervivencia del organismo.

## 4.6. Sistema Reproductivo

### 4.6.1. Características de la reproducción en (*Oreochromis niloticus*)

Las estrategias reproductivas es el conjunto de características que una especie acuática ha desarrollado para tener éxito en la reproducción (Green et-al; 1997). Las especies acuáticas tienen diferentes mecanismos reproductivos y las combinaciones con el hábitat, la fisiología y comportamiento reproductivo es muy importante para determinar la estrategia reproductiva, esta estrategia puede requerir un gran número de huevos o poca cantidad de estos pero con gran oportunidad para la sobrevivencia. Así mismo lo padres tienen que asegurar la sobrevivencia de una porción de huevos encubriendo y protegiendo a las crías.

El lugar y tiempo son generalmente de gran importancia en el desove de muchas especies, ya que con buenas condiciones ambientales, tales como la temperatura luz, etc. Los gametos desarrollan y maduran. La luz y la temperatura juegan un papel muy relevante en el control del ritmo de la reproducción de las especies que desovan estacionalmente. Con un manejo apropiado de estos elementos se puede modificar en algunos casos el ritmo reproductivo. (Tenorio; 2003)

En la mayor partes de especies acuáticas existe una temporada de reproducción definida y de acuerdo a ella se pueden clasificar en especies de aguas cálidas que desovan en verano y especies de agua frías que desovan durante invierno. Algunas especies tropicales desovan durante todo el año como en el caso de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Estas temporadas de desove están estrechamente relacionadas con el periodo de desarrollo embrionario requerido. (CERQUEIRA; 1990)

El flujo de agua y los periodos de creciente, la disponibilidad del alimento, la salinidad y otros factores ambientales tienen relación con la reproducción. Una característica particular de los peces es que además de la escasa información disponible sobre su biología se infiere que no existe un modelo único de reproducción, sino que por el contrario, existe una gran variabilidad y por lo tanto

los mecanismos implicados en el control de la reproducción son múltiples y totalmente influenciados por el medio ambiente en que viven las especies (Harvey et-al; 1980). En conclusión podemos afirmar que cualquiera que sea el modo reproductivo de determinada especie, siempre buscara perpetuarse valiéndose para ello de diversas tácticas, estrategias y mecanismos reproductivos.

Las tilapias poseen un tipo de reproducción sexual, o sea que los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos machos y hembras separados. Las glándulas sexuales, llamadas gónadas, son los ovarios en las hembras y los testículos en el macho, a diferencia de otros seres vivos, que ya nacen con el sexo definido, en los peces como es el caso de la tilapia dichas glándulas se empiezan a diferenciar en la etapa temprana de su desarrollo entre el día 15 al 20 después de que nacen.

En la reproducción de los peces, tanto marinos como de agua continentales al igual que de sus formas y tipos presentan diversas características como; muchos individuos de distintas especies pueden pasar de ser machos a ser hembras. Otros son hermafroditas, que quiere decir que son capaces de producir tanto esperma como óvulos maduros. Pues este caso no lo es todo sino que hay peces de la autofecundación. (Buhjel; 2000)

Las características y requerimientos de la Oreochromis niloticus sexualmente madura cultivada en estanques son:

- Edad de madurez sexual: Machos (4 a 6 meses), hembras (3 a 5 meses).
- Longitud: 10 a 12 cm.
- Peso: 50 a 100 g.
- Número de desoves: 5 a 8 veces/año.
- Temperatura de desove: Rango 25°C a 31°C.
- Número de huevos/hembra/desove: En buenas condiciones mayor de 100.
- Huevos hasta un promedio de 1.500 dependiendo de la hembra.
- Vida útil de los reproductores: 2 a 3 años.
- Tipo de incubación: Bucal.

- Tiempo de incubación: 3 a 6 días.
- Proporción de siembra de reproductores: 1.5 a 2 macho por cada 3 hembras.  
(Buhjel; 2000)

Cuando las condiciones son propicias, los machos construyen una colonia de nidos en el sustrato, mismos que se encuentran cercanos unos de otros. Cada macho construye su nido excavando una depresión en el sustrato y poniendo los escombros uniformemente alrededor del perímetro. En una sección transversal estas depresiones aparecen como un tazón, cada uno forma el centro del territorio de cada macho, del cual alejan a otros machos. El tamaño de los nidos parece estar en función de la talla y la cercanía, lo cual permite que cada ocupante pueda ver a sus vecinos cuidando sus nidos. Estas concentraciones de machos así como su conducta, parecen servir de estímulo a las hembras y probablemente influyan para que se mantenga la actividad reproductiva y la disponibilidad de éstas. (Arévalo et-al; 2011)

Al nadar las hembras cerca del nido estimulan a los machos, si están maduras entran al nido y después de una serie de cortejos rituales que realizan los machos (los cuales presentan coloración acentuada y vistosa), depositan los óvulos en el piso del nido donde son fertilizados. Una vez que esto ocurre, las hembras toman los huevos en la boca y se retiran del nido. Con la boca llena de huevos, la hembra de *Oreochromis* busca aislamiento y evita el contacto con los otros peces. Casi inmediatamente se distingue en su cuerpo una marca característica como banda o manchas oscuras que aparecen sobre un fondo olivo pálido o amarillento. Una o más bandas oscuras aparecen a través de la parte delantera, siendo una de ellas más prominente y corre de ojo a ojo. (Arévalo et-al; 2011)

El período de incubación tarda de 60 a 72 horas, después de los cuales avivan los pequeños alevines que la hembra llevará en su boca durante 5 a 8 días. Posteriormente y al cabo de este período, las crías hacen cortas incursiones durante los cuales abandonan su refugio bucal, retornando a él en algún momento de peligro. Poco a poco, las crías son liberadas por la madre formando un

cardume compacto que nada en la superficie del agua y en las orillas donde existe baja profundidad. Una hembra volverá a desovar en un período de 4 a 6 semanas nuevamente. Durante el período de incubación las hembras no se alimentan y fácilmente pierden hasta un tercio de su peso. (Manzanares; 2011)

#### **4.6.2. Condiciones ambientales para reproducción**

Es de todo conocido que existen en la naturaleza peces que se reproducen espontáneamente, tanto en aguas libres como en estanques, y otros que se caracterizan por su aparente inhibición de hacerlo en aguas confinadas, ya sea porque no encuentran el medio ni las condiciones favorables para el desove, o simple y llanamente, porque el cautiverio los estrese fisiológicamente, impidiendo como consecuencia la producción y liberación normal de hormonas sexuales estimulantes.

Hay dos razones fundamentales para que ciertas especies de peces de mucha importancia alimenticia y económica, al ser mantenidos en cautiverio, no quieran reproducirse. Especies cultivadas fuera de su rango natural en donde las condiciones naturales no son favorables para completar su maduración sexual normal. (Arévalo et-al; 1983)

Las condiciones ambientales en los estanques son disímiles de aquellas prevalecientes en el medio natural; la época del desove. Los factores ambientales que actúan en contra del desove normal podrían inducir sobre respuestas fisiológicas específicas, o también fallar en la culminación del ciclo reproductivo normal, por ejemplo, salinidad inapropiada, temperatura y ausencia de un sustrato favorable para el desove. Alternativamente, el ambiente de cultivo podría inducir a una respuesta de estrés generalizada en el pez que inhibe e incapacita el proceso reproductivo, como sucede con los siguientes factores: densidad, calidad del agua, tasa del flujo, temperaturas extremas, y salinidad. (Arévalo et-al; 1983). En algunas circunstancias, es posible alterar el ambiente de los estanques de los reproductores para permitir completar el desarrollo sexual y el desove normal.

Para que la reproducción tenga éxito es preciso que se produzca una sincronización de los reproductores entre sí y de éstos con las variaciones de los factores ambientales. Esta sincronización permitirá que los individuos maduren simultáneamente y en el momento más idóneo para garantizar una mayor supervivencia de la progenie (Zanuy et-a; 1990).

Esta sincronización de los individuos con los factores ambientales resulta de gran importancia en el ciclo reproductivo de los peces teleósteos, que presentan cambios cíclicos en sus niveles hormonales y viven en un medio que experimenta marcadas variaciones estacionales en factores tales como la luz, la temperatura, el oxígeno disuelto, la salinidad y la disponibilidad de nutrientes, etc. Así, cada individuo debe disponer de un sistema que reciba las informaciones procedentes tanto del exterior como del interior del organismo, que las integre y determine el establecimiento de un estado endocrino idóneo que regule, a su vez, todos los eventos fisiológicos que conducirán a la reproducción. Estas complejas funciones se llevan a cabo a través de múltiples interacciones que tienen lugar a lo largo del eje cerebro - hipófisis – gónada. (MATTY; 1985)

Los factores del medio ambiente son los responsables de la inducción inicial del desarrollo gonadal, las hormonas producidas por el sistema endocrino son las que controlan éste proceso. Los sistemas nerviosos endocrinos de los vertebrados actúan conjuntamente para coordinar los eventos reproductivos de los teleósteos, siendo el eje hipotálamo-hipófisis - gónada el que controla dicho proceso.

De manera general, el funcionamiento del eje consiste la recepción del estímulo ambiental por diversos órganos sensores de los peces. Estos estímulos son dirigidos al cerebro que funciona como un centro integrador y transmisor de la información. Dentro del cerebro, la región más importante desde el punto de vista endocrino es el hipotálamo.

#### **4.6.3. Hábitos reproductivos**

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

#### **4.6.4. Hormonas que se activan en el organismo en condiciones ambientales para la reproducción**

Los sistemas nervioso y endocrino de los teleósteos actúan conjuntamente para coordinar los eventos reproductivos de estos. Siendo el eje; hipotálamo-hipófisis-gónada el que controla dicho proceso, que podríamos llamarlo gametogénesis; ovogénesis en las especies hembras y espermatogénesis en los machos. Fotorreceptores de la retina (sistema nervioso) del epitelio olfatorio (sistema hormonal), son los encargados de captar y convertir los estímulos ambientales en señales electroquímicas que se dirigen vía neuronas sensoriales al cerebro y de ahí al hipotálamo. Donde son procesadas, induciendo a la secreción de hormonas peptídicas como (hormonas liberadoras de gonadotropina), estas hormonas se dirigen a la glándula pituitaria o hipófisis donde inducen y regulan la producción de hormonas GtH (hormona gonadotropina).

Parte de las células gonadotropinas de la hipófisis: La (GtH) I o hormona folículo estimulante (FSH).y la (GtH) II o hormona Luteinizante (LH), ambas hormonas son secretadas al torrente sanguíneo llegan a las gónadas, estimulando a través de receptores específicos la producción de esteroides sexuales. (Bhujel; 2000)

Sin embargo la función esteroídogénica de ambas sobre las gónadas depende del estadio de desarrollo de éstas, así mientras que FSH y LH tienen una potencia esteroídogénica similar en fases tempranas de la gametogénesis LH es más potente que FSH durante las fases finales de ésta (Cerdeira et-al; 1988). El proceso

hormonal que ocurre durante la vitelogénesi (crecimiento ovocitario), es el siguiente: La FSH y la LH, a través del torrente sanguíneo llegan a las gónadas, y en las células de la teca inducen y regulan la producción de stosterona a partir del colesterol que es liberado y se adhiere a la capa granulosa, donde es aromatizado a  $17\beta$ -estradiol liberado al sistema circulatorio, llega al gado, donde estimula la síntesis y secreción de vitelogenina.

#### **4.6.5. Tipos y mecanismos de reproducción**

Los peces muestran una gran abundancia de tipos o modelos reproductivos, pero la mayoría de las especies tienen sexos separados pero hay algunas especies que son hermafroditas, la mayoría de especies son ovíparas, pero algunas y de no escasa importancia con vivíparas, la mayoría de especies se reproducen más de una vez en la vida, pero algunas se reproducen un sola o dos veces en su vida; A continuación haremos un resumen de los principales tipos y mecanismos de reproducción en peces:

##### 1. Tipos de reproducción sexual

a) Gonocórico o bisexual

b) Hermafrodita

-Sincrónico

-Protandrico

-Protaginico

c) Partogenético

##### 2. Tipos de fecundación

a) Externa

Ovíparas

b) Interna

Ovovivíparas

Vivíparas

### 3. Mecanismos de reproducción

- Lugar de desove
- Cuidado parental

### 4. Por las veces que se reproducen

- Semelparo
- Iteroparo (Arévalo et-al; 2011)

#### **4.6.6. Fecundación externa de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

La gran mayoría de los peces del medio natural como los de cultivo son de fecundación externa, en estos, los huevos son expulsados al medio y la fertilización es externa. Existe dos formas de desove, los desovadores pelágicos, son aquellos que los huevos son liberados directamente en la columna de agua, y los desovadores demersales, son lo que producen huevos más densos que el agua y que tienen la capacidad de adherirse al fondo. (Rivas; 1986)

#### **4.6.7. Hormona inhibidora para que solo sean machos**

La reversión de sexo es una de las técnicas utilizadas para obtener poblaciones de alevines con un alto porcentaje (>97%) de machos. Para ello se les ofrece alimento conteniendo un andrógeno. Los alevines aptos para ese tratamiento deben tener una longitud menor a 12 mm ya que a este tamaño su tejido gonadal todavía está totalmente indiferenciado. (Popma et-al; 1990)

La hormona que se utiliza comúnmente en la reversión sexual de alevines de tilapia es la 17-alfa-metil-testosterona (MT). La MT es activa por vía oral y es incorporada en la dieta a razón de 60 mg por kilogramo de alimento (Green et-al, 1997).

Los alevines tratados durante 30 días, desarrollan testículos y funcionan como machos normales al alcanzar su madurez sexual. La MT es un esteroide sintético, de venta controlada en los Estados Unidos. Por esto, su adquisición se dificulta para muchos productores de tilapia.

En el mercado hondureño existen algunos otros productos que contienen testosterona sintética de uso veterinario que podrán ser sustitutos adecuados de la MT en el proceso de la reversión sexual de los alevines de tilapia. Estos productos tienen como ingrediente activo el enantato de testosterona (ET) y el propionato de testosterona (PT).

**Testogán:** El ingrediente activo es propionato de testosterona (PT). Es un producto de uso veterinario disponible en el mercado hondureño como solución inyectable. Cada mililitro de solución contiene 25 mg de PT. Se comercializa en frascos de 50 ml a un costo de USD 16.65 por frasco.

**Testosterone:** El ingrediente activo es enantato de testosterona (ET). Es un producto de uso veterinario disponible en el mercado hondureño como solución inyectable. Cada mililitro de solución contiene 200 mg de ET. Se comercializa en frascos de 10 ml con un costo de USD 11.90 por frasco.

Otra manera de realizar la reversión sexual es aplicando un esteroide masculino a las larvas recién nacidas que poseen entonces tejido gonadal aún no-diferenciado; por lo que estas hembras genéticas, desarrollan tejido testicular; produciendo individuos que crecen y funcionan reproductivamente como machos. La reversión sexual se cumple por medio de la ingestión oral de la hormona administrada. El procedimiento deberá iniciarse antes de la diferenciación del tejido gonadal primario, dentro del tejido del ovario que, en condiciones de temperatura de 24 a 28°C se produce en la tilapia *niloticus* a una talla de solo 11-13 mm y unas 3-4 semanas de nacidas. Las grandes cantidades de larvas de edad/talla requeridas, son producidas en estanques o cerramientos tipo tanques, o bien, en jaulas. (FAO; 2014)

## **Hibridación**

Algunas cruzas dan una progenie del 100% machos. No siempre se obtienen estos resultados, ya que el mecanismo de determinación del sexo en las tilapias es complicado. La ventaja más importante de este método y del anterior, es que no se emplean hormonas. (FAO; 2014)

## **Separación manual de sexos**

El Sexado manual se hace inspeccionando la papila genital de los juveniles. En la tilapia *niloticus* es más dificultoso separar los sexos por medio de observación de la papila, y se necesita que, al menos, pesen entre 25 a 30 g para obtener éxito. Trabajando en campo, se puede obtener una seguridad del 95%. Este método, evidentemente no requiere de esteroides y no posee las desventajas de la hibridación. La técnica es posible de efectuar comercialmente (y a veces hasta más apropiada) en operaciones pequeñas y medianas; no recomendándose para operaciones grandes por poseer varias desventajas. Los obreros más especializados pueden sexar 2000 juveniles/hora, acopiando unos 1000 machos/hora. Los errores son altamente variables y la talla de los peces lo mismo. (Manzanares et-al; 2011)

### **4.7. Sistemas de producción de las tilapias (*Oreochromis niloticus*)**

La tilapia puede ser cultivada en diferentes medios tales como: jaulas, raceways, tanques, estanques, lagunas, reservorios o represas, canales de regadío, etc., siendo los estanques el medio más común. Por lo general se le utiliza a este organismo para monocultivo, aunque también se ha utilizado en policultivo especialmente cuando la tilapia es la especie de importancia secundaria. (Morales; 2003)

La densidad de siembra en tilapia varía en las tallas comerciales desde 3 peces por metro cúbico hasta 100 peces por metro cúbico. En estanques de tierra las densidades fluctúan entre 2 y 15 kilos de biomasa por metro cubico, en las pilas

de concreto y jaulas flotantes desde 15 hasta 40 kg de biomasa por metro cúbico. Cuanto mayor sea la densidad, más frágil se torna el sistema, e implica una mayor dedicación y cuidado en el manejo. (Chacón y Santamaría; 2007).

#### **4.7.1. 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 tampoco es importante la talla final del pez, en tanto alcance tamaño comercial y mucho menos el tipo de alimento utilizado en su producción. En este sistema se utilizan densidades de 0,5 a 3,0 peces por metro cuadrado, dependiendo del tamaño del pez que se quiere comercializar se utilizan estanques de 1 - 5 hectáreas con poco recambio.

Como una forma de contribuir en la alimentación del pez, se trata de favorecer el desarrollo de la productividad primaria utilizando fertilizantes orgánicos como excreta de aves, excreta de cerdos, excreta de vacuno, etc. En la actualidad se están utilizando subproductos agrícolas como alimento complementario, como por ejemplo afrechon (arroz), acemite de trigo, etc. La producción de este sistema suele ser de 4,000 10,000 kg /Ha / año, con factores de conversión de 1 - 1,4. (Anónimo 3; 2000)

#### **4.7.2. Semi-intensivo**

Como las tilapias son grandes consumidoras del alimento natural disponible en los estanques de cultivo, en muchos países se utiliza este tipo de producción (en sistema semi-intensivo), fertilizando, disminuyendo así los costos de producción.

Esta es una fuente de nutrientes para la producción de plancton o de otros organismos que componen el alimento natural. Es necesario seguir las instrucciones en cuanto al fertilizado de estanques según los diferentes materiales disponibles (dado que cada abono posee diferente contenido orgánico y consume diferente cantidad de oxígeno disuelto durante su proceso de descomposición).

Dependiendo de las características químicas del suelo, podrá necesitarse un encalado previo (cal hidratada o cal agrícola) para equilibrar la acidez de las aguas. La renovación de agua en los estanques previamente fertilizados, se efectúa solamente para suplantar pérdidas por filtraciones y evaporación, dado que la recirculación del agua no mantendría la productividad natural o alimento. En este tipo de producción, donde la oferta de alimento es limitada y los niveles de oxígeno son bajos, las productividades se restringen de 1.000 a 3.700 kg/ha/año (o a determinar por ciclo de producción), según las temperaturas y la calidad y cantidad de los fertilizantes empleados. Aun cuando los fertilizantes sean eficientes, el sistema no soporta alta biomasa en peces (capacidad de carga limitada) ya que el único alimento disponible, es el natural. A medida que se prosigue con el cultivo, deberán realizarse mayores fertilizaciones para incrementar la producción de alimento vivo disponible para los peces; aunque tampoco ésta podrá ser excesiva pues complicaría negativamente la calidad del agua de cultivo. (REDVET; 2010)

Este tipo de cultivo, con parte de apoyo de alimento suplementario externo y baja recirculación de agua, se emplea con éxito durante la fase de “pre-engorde” en sistema semi-intensivo en estanques, disminuyendo los costos en forma importante. Por otra parte, los sistemas de carácter semi-intensivo son aquellos que más se aproximan a la naturaleza y producen productos más sanos, con menor presencia de enfermedades y parásitos y prácticamente sin aplicación de químicos o antibióticos. (REDVET; 2010)

En este sistema de producción se utilizan estanques de 0,5 a 3 hectáreas con recambios de agua del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo del grado de intensidad de siembra del sistema (se utilizan desde 2 HP a 12 HP por hectárea). Las densidades utilizadas son muy variables y se encuentran en el rango de 4 a 15 peces /m<sup>2</sup> obteniendo una producción en el rango de 20 a 50 toneladas / hectárea / año con factores de conversión de 1,6 a 1,9 para peces de 700 gr. (Anónimo 3; 2000)

En este sistema es muy importante el monitoreo de los niveles de amonio, pH, temperatura y el nivel de oxígeno disuelto. Para la alimentación de los peces en este sistema se utiliza alimento peletizado o extrusado, con niveles de proteína desde 35 a 30% de proteína dependiendo de la fase de producción. (Anónimo 3; 2000).

#### **4.7.3. Intensivo**

En este sistema se utilizan estanques pequeños de 500 a 1000 metros cuadrados con alto recambio de agua (recambios de 250 a 600 litros / segundo). Las densidades de siembra de los peces se encuentran en el rango de 80 – 150 peces/metro cúbico. Para el éxito del cultivo bajo en este sistema es sumamente importante la cantidad y calidad del agua suministrada a los peces; así como el cuidado y atención que se le debe proporcionar al sistema.

Para asegurar el inventario y la producción de peces se debe contar con grandes reservorios de agua, sistemas de bomba que permita reciclar el agua y la utilización de aireadores en los estanques.

En el cultivo intensivo de tilapia el oxígeno disponible es de gran importancia. Midiendo constantemente éste parámetro se puede ajustar las densidades, tasa de alimentación y reducir potenciales riesgos de mortalidad La concentración del oxígeno en la salida de los estanques debe ser mayor a 3,5 mg / litros para asegurar un buen desenvolvimiento fisiológico del pez a través de todos los procesos (natación, respiración, crecimiento, excreción, etc.) y mejor aprovechamiento de los nutrientes suministrados con el alimento balanceado.

En este sistema se utilizan alimentos extrusados flotantes con niveles de proteína de 30 35% con alta calidad de molienda, porcentajes de finos menores a 1%, y tamaños variados dependiendo del tamaño del pez. La producción de sistema intensivo va a depender de la cantidad de agua disponible así como de sus características. En un sistema intensivo se pueden producir en un rango de 200 400 toneladas de pez por metro cúbico / año. (Anónimo 3; 2000).

## 4.8. Tipos de Cultivo en Tilapias (*Oreochromis niloticus*)

### 4.8.1. Cultivo Monosexual

El cultivo de poblaciones monosexuales de tilapia ofrece la ventaja de un mejoramiento en el crecimiento (los machos crecen más rápido que las hembras). Además, algunos acuicultores consideran que el cultivo de cepas "solo machos" es la solución para evitar el problema de la reproducción no deseada y por lo tanto proteger la biodiversidad. La experiencia demuestra que esta no es una medida exenta de riesgos, sobre todo cuando las poblaciones monosexuales son obtenidas por administración de hormonas.

El cultivo de tilapia se realiza comúnmente con la siembra de machos y hembras, sin embargo la precocidad de la especie al reproducirse a tallas muy pequeñas, provoca sobrepoblación y poca producción al final de la cosecha.

El cultivo de machos, evita la reproducción, y el alimento suministrado es exclusivamente para crecimiento de los organismos sin ser desviado para reproducción. El costo por alimento es el adecuado sin tener gastos extras por incremento de la cantidad del mismo o por el cálculo erróneo de la población que no incrementa peso ganado, sino en número de organismos cuando se cultivan los dos sexos.

Para el cultivo Monosexo de sólo machos, se puede proceder a diversos métodos para su obtención, sin embargo el que más se ajusta a la necesidad del productor por manejo y costos, es la adquisición de crías masculinizadas, dónde el proveedor asegura hasta el 99% de crías machos. La densidad de carga (No. de organismos por m<sup>2</sup>) dependerá de tipo de cultivo que se seleccione y de la aportación de aireación. Para sistemas con poco recambio de agua se podrá sembrar de 7 a 10 y con agua corriente y/o aireación podrá incrementarse de 30 hasta 50 organismos por metro cuadrado. (Anónimo 6; 2008)

#### **4.8.2. Cultivo de Ambos sexos**

Este tipo de reproducción se lleva a cabo en especies cuyos individuos adultos se reproducen solo como machos o solo como hembras, es decir poseen un solo sistema reproductor, pudiendo tener ovarios o testículos, este tipo de reproducción se da en la mayoría de especies de cultivo y en ambiente natural. En muchas de las especies de tilapia que se cultivan, ambos sexos pueden ser diferenciados a simple vista, debido al desarrollo de la papila genital, cuando logra los 50 a 70 gramos. (Quintanilla, 2008)

#### **4.9. Calidad de agua**

La calidad de agua es parte importante para el buen desarrollo del cultivo, que también tiene un efecto directo en la tasa de alimentación, en especial la temperatura, condicionando su metabolismo a la temperatura del agua, por lo tanto, cuando la temperatura del agua está fuera de su rango óptimo de la especie en cuestión y no se hacen los ajustes necesarios incluyendo la alimentación, puede ir en decrecimiento el cultivo, la regulación del agua debe ser a través del movimiento del agua con aireadores para un buen manejo, que constantemente se tomen los parámetros físico químicos del agua para tener constantemente el registro y control del manejo del cultivo de las tilapias. (Anónimo 4; 2008)

Desde el punto de vista físico-químico, todas las condiciones críticas en peces adultos son, en la mayoría de los casos mortales para alevines. Las tilapias no crecen a temperaturas menores a 16 °C, generalmente no sobreviven después de varios días con temperaturas menores a 10 °C El rango normal de temperatura para *O. Aureus* es de 18 a 32 °C, para *O. niloticus* es de 20 a 31°C; sin embargo para obtener el óptimo de crecimiento la tilapia debe cultivarse en el rango de 26 a 30C°. Aunque la tilapia, no es de agua salina, su tolerancia al agua marina es alta. Para el cultivo en agua salobre se recomienda utilizar la tilapia roja, cuyo crecimiento es mayor.

El procedimiento de aclimatación de la tilapia a agua salada o salobre debe incluir un período de aclimatación, el cual implica el incremento de 5.0 ppm de salinidad cada 24 horas, hasta alcanzar la salinidad deseada. (Anónimo 4; 2008)

#### 4.10. Oxígeno Disuelto

Dentro de los parámetros físico-químicos, es el más importante en el cultivo de especies acuáticas. El grado de saturación del oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y pH.

Tabla N<sup>o</sup>.1 Condiciones y Parámetros de Cultivo.

Oxígeno (ppm)	Efectos
0 - 0.3	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
0.3 2.0	Letal a exposiciones prolongadas.
3.0 4.0	Los peces sobreviven pero crecen lentamente.
> 4.5	Rango deseable para el crecimiento del pez.

(Anónimo 3; 2000).

##### 4.10.1. Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto:

1. Descomposición de la materia orgánica.
2. Alimento no consumido.
3. Heces.
4. Animales muertos.
5. Aumento de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura (variación de la temperatura del día con respecto a la noche).
6. Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que forman la cadena de productividad primaria y secundaria).
7. Desgasificación, salida del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
8. Nubosidad, en días opacos las algas no producen suficiente oxígeno.
9. Aumento de sólidos en suspensión, residuos de sedimentos en el agua, heces, etc.

#### 10. Densidad de siembra.

La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg/L), pero esto provoca efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de los 4 mg/L, el cual debería ser medido en la estructura de salida del estanque (desagüe). Valores menores al indicado, reducen el crecimiento e incrementa la mortalidad. (Anónimo 3; 2000).

#### 4.11. Temperatura

Los peces son animales poiquiloterms (su temperatura corporal depende de la temperatura del medio) y altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura).

El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28°C y 32°C. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-33°C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42°C. (Saavedra; 2006)

El efecto negativo sobre el crecimiento del pez cultivado, que pudiera originar las variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche, podría subsanarse con el suministro de alimentos con porcentajes altos de proteína (30%, 32%, etc.).

#### 4.12. pH

Es la concentración de iones de hidrógeno en el agua.

- El rango óptimo está entre 6.5 a 9.0.
- Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción.

- Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel.
- Cuando se presentan niveles de pH ácidos, el ion Fe ++ se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales y por ende, disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno).

El pH en el agua fluctúa en un ciclo diurno, principalmente influenciada por la concentración de CO<sub>2</sub>, por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El pH para tilapia debe de ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una segregación adecuada del mucus en la piel. (NICOVITA; 2002).

#### **4.13. Nutrición y alimentación de las Tilapias (*Oreochromis niloticus*)**

##### **4.13.1. Contenido del alimento**

Los alimentos comerciales para tilapia consisten generalmente en peletizados secos sumergibles y peletizados extruidos flotantes. No se dispone de estimaciones del volumen de alimentos de tilapia producidos en las propias granjas puesto que suelen ser específicos al sitio y dependen de los ingredientes disponibles a nivel local.

Los productos alimenticios contienen tanto ingredientes de origen marino como vegetal. Sus principales componentes son harina de pescado, aceite de pescado, aceites vegetales, proteína vegetal, espesantes y micronutrientes como vitaminas y antioxidantes. Sin embargo, es la formulación de estos componentes y la producción de un pellet de alimento de calidad lo que determina realmente la producción de peces de alta calidad, mediante cultivo. Los productos alimenticios han sido desarrollados especialmente para los estadios de vida específicos de diferentes especies de peces, y adaptados para las cambiantes estaciones del año.

Como cabe esperar, no basta con producir un excelente pellet de alimento en la planta. El alimento debe retener todo su valor nutricional hasta que el pez lo consume y se dirigiere.

#### **4.13.2. Horas de alimentación**

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

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

La transición de la dieta de los juveniles a la del adulto puede darse gradual o abrupta. La dieta natural de las tilapias adultas es omnívora, sin embargo varía según la especie. A continuación se presenta como referencia el tamaño del peso promedio del pez y la ración alimenticia que debe ser suministrada. (Anónimo 3; 2000).

Tabla.Nº 2.Tabla teórica de alimentación.

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

(Saavedra; 2006).

#### **4.13.3. Formas de alimentar**

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

##### **4.13.3.1. Alimentación en un solo sitio**

Es una de las formas menos convenientes de alimentar por la acumulación de materia orgánica en un solo lugar y la dificultad para que coma toda la población de peces que constituyen el lote, lo que hace que gran parte del alimento sea consumido solamente por los más grandes y se incremente el porcentaje de peces pequeños. Este tipo de alimentación en un solo sitio, es altamente eficiente en sistemas intensivos (300 a 500 peces m<sup>2</sup>). La alimentación en una sola orilla es un

sistema adecuado para animales de 1 a 50 gramos, ya que no les exige una gran actividad de nado y permite realizar una alimentación homogénea y eficiente.

#### **4.13.3.2. Alimentación en "L" (Dos orillas del estanque)**

Este sistema de alimentación es sugerido para animales de 50 a 100 gramos, el cual se realiza en dos orillas continuas del estanque. Lo más recomendable es alimentar en la orilla de salida (desagüe) y en uno de los dos lados, con el fin de sacar la mayor cantidad de heces en el momento de la alimentación.

#### **4.13.3.3. Alimentación periférica**

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

#### **4.13.3.4. Alimentadores automáticos**

Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con timer horario (reloj automático), con bandejas, etc. Sin embargo, por su costo elevado se convierten en sistemas antieconómicos y sirven solamente en explotaciones donde se sobrepase la relación costo beneficio. (Anónimo 3; 2000)

#### **4.13.4. Alimentación**

Los peces deben alimentarse por lo menos dos veces al día, procurando hacerlo siempre a la misma hora y lugar, preferiblemente en la mañana y por la tarde. Esto es importante para observar si los peces se alimentan con normalidad.

La importancia de la buena alimentación con el balance necesario es precisamente la calidad del producto. Algunos de los típicos problemas es la sobre alimentación que puede provocar:

- Mala calidad del agua.
- Daños a los peces.
- Incremento a los costos de producción.

Los peces obtienen cantidades suficientes de nutrientes esenciales a través de alimentos disponibles u ofrecidos, para garantizar su normal metabolismo, un crecimiento adecuado, la salud y reproducción. Necesitan 44 nutrientes esenciales que incluyen al agua, aminoácidos esenciales, energía, ácidos grasos esenciales, vitaminas, minerales y carotenoides. (García; 2010)

#### 4.13.5. Proteínas y aminoácidos esenciales

Las proteínas son nutrientes indispensables para la estructura y función de todos los organismos vivos. Se emplean en el mantenimiento, crecimiento y la reproducción. El nivel óptimo en la ración para tilapias depende de la talla o edad, en un rango de 30-50% (Tabla 3). Los requerimientos de proteína de los peces varían según sea el sistema de cultivo: extensivo, semi intensivo o intensivo. En los estanques pueden tener acceso al alimento natural que es rico en proteínas. Los aminoácidos son fundamentales en la formación del tejido muscular y necesitan 10 aminoácidos esenciales en las raciones nutricionalmente completas, para tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Tabla 4). (Llanes et-al; 2006)

Tabla 3. Niveles de proteína bruta en raciones completas para tilapias, recomendados para un crecimiento máximo.

Rango de pesos (g)	Nivel óptimo de proteínas (%)
Larvas a 1	40-45
1 a 10	40-35
10 a 50	35
50 a 250	30
250 a talla comercial	30 a 25

Tabla 4. Requerimientos de aminoácidos esenciales (% de proteína bruta) en *Oreochromis niloticus*

Aminoácidos	%
Lisina	5,12
Arginina	4,20
Histidina	1,72
Treonina	3,75
Valina	2,80
Leucina	3,39
Isoleucina	3,11
Metionina	2,68
Fenilalanina	3,75
Triptofano	1,00
Metionina + Cistina	3,21
Fenilalanina + Tirosina	5,54

Hay que considerar que el nivel de proteína en la dieta que garantiza el máximo crecimiento se relaciona con el contenido energético de la dieta, estado fisiológico del pez (talla, peso y madurez), factores ambientales (temperatura del agua, salinidad, oxígeno disuelto), calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales), tasa de alimentación y el alimento natural. Los principales signos de deficiencias de proteínas y aminoácidos en los cultivos de tilapias incluyen el retardo del crecimiento, pobre conversión alimentaria, reducción del apetito y en ocasiones deformación de la columna, especialmente por la deficiencia de triptófano, y cataratas, por la deficiencia de metionina.

#### 4.13.5.1. Energía

La energía se obtiene del metabolismo oxidativo de las proteínas, lípidos y carbohidratos. Se necesita para el mantenimiento de los procesos fisiológicos y metabólicos vitales, el crecimiento y la reproducción. Los peces son más eficientes

en el uso de la energía que los animales terrestres, pues no gastan energía para regular la temperatura corporal. De esta forma, gran parte de ella se utiliza en el crecimiento y explica los mejores factores de conversión que se logran al alimentar peces (1-1,6), comparados con aves (1,7-1,9) y cerdos (2,6-3,0).

Las tilapias aprovechan bien las grasas y carbohidratos como fuentes de energía y propician que las proteínas de la dieta se utilicen para el crecimiento. Un balance proteína bruta/energía digestible (PB/ED) en la dieta es fundamental para lograr un crecimiento máximo, eficiencia alimentaria y una composición química (grasa) del filete adecuada. La relación PB/ED en raciones completas para tilapias varía de 95 a 123mg PB/Kcal ED. Cuando la relación es baja hay una deposición excesiva de grasa en las vísceras y se reduce el rendimiento del filete, mientras que cuando es alta, los peces utilizan la proteína como fuente de energía, deterioran el crecimiento y la conversión alimentaria. Los requerimientos de energía dependen de la actividad física, temperatura, edad, tasa de crecimiento, especie y el consumo de alimento. (Llanes et-al; 2006)

#### **4.13.5.2. Lípidos y ácidos grasos esenciales**

Los lípidos en el alimento para tilapias tienen dos funciones principales: sustrato para la obtención de energía metabólica y como fuente de ácidos grasos esenciales. Aportan hasta 2,25 veces más energía que la proteína y tienen un efecto ahorrador de proteína dietética. Para un nivel de 40% de proteína bruta (PB) se recomienda 6 a 8% de grasa; para un 35% PB lo aconsejable son de 4,5 a 6% y para niveles de 25 a 30% PB de un 3 a 3,5% de grasa.

Los ácidos grasos esenciales son los que no se sintetizan por el organismo y precisan de un ácido graso o cualquier otro precursor en la dieta o el alimento natural disponible en el acuario. Las exigencias de estos nutrientes son diferentes para los peces de aguas frías y templadas. (Llanes et-al; 2006)

#### 4.13.5.3. Vitaminas y minerales

Las vitaminas y minerales desempeñan un papel importante en la formación de tejido óseo y sanguíneo, el crecimiento muscular y en procesos fisiológicos y metabólicos esenciales que aseguran un crecimiento, salud y reproducción adecuada.

Los suplementos de vitaminas y minerales muchas veces no están incluidos en dietas para tilapias, sembradas en estanques de tierras, fertilizados y con densidades de siembra moderadas, pero la intensificación del cultivo demanda su suplementación. (Tabla 5)

Tabla 5. Suplementos para tilapias

##### a) Vitaminas

Vitaminas	Nivel en la dieta
A (UI/kg)	500
D (UI/kg)	200
E (mg/kg)	10
K (mg/kg)	0-1
B1 (mg/kg)	0,1
B2 (mg/kg)	3,5
B6 (mg/kg)	0,5
B12 ( $\mu$ g/kg) <sup>1</sup>	0,01
Niacina (mg/kg)	6-10
Ácido fólico (mg/kg)	0-0,5
Ácido pantoténico (mg/kg)	3-5
Biotina (mg/kg)	0-0,5
Vitamina C (mg/kg)	50
Inisitol (mg/kg)	300
Colina (mg/kg)	400

## b) Minerales

Minerales	Nivel en la dieta
Calcio (%)	0
Fósforo (g/kg)	5-10
Magnesio (g/kg)	0,5-0,7
Potasio (g/kg)	2,0
Cinc (mg/kg)	20,0
Hierro (mg/kg)	30,0
Cobre (mg/kg)	5,0
Cromo (mg/kg)	1,0
Selenio (mg/kg)	0,1

Los piensos vegetales para tilapias necesitan un suplemento adicional de 3% de fosfato dicálcico. Importancia del alimento natural. Los alimentos que consumen los peces en su medio natural están compuestos por numerosos organismos vegetales, entre otros, algas, plantas acuáticas, frutos y semillas; animales representados por micro crustáceos, larvas de insectos, vermes, moluscos, anfibios y peces. En general, son ricos en energía y proteínas de alta calidad y sirven como fuente de minerales y vitaminas. (Llanes et-al; 2006)

**Dieta suplementaria:** La producción de tilapias en cultivos semi-intensivos mejora con el empleo de dietas suplementarias, cuyo objetivo es corregir el balance de nutrientes. Éstas no disponen de un correcto balance de aminoácidos esenciales, poseen menores niveles proteicos (22 a 24%), menor relación proteína-energía y se pueden o no suplementar con vitaminas y minerales.

### 4.14. Parámetros poblacionales

Consiste en la toma de peso del pez. El registro del peso permite determinar el estado del pez. La muestra se saca con chinchorro o atarraya, colocándola en tinajas con agua del mismo estanque para luego proceder a medir los pesos individuales. El muestreo de parámetros poblacionales, se realiza de manera

sistemática con un periodo de frecuencia de 01 a 02 semanas, registrándose los datos en tablas que luego permitirán calcular pesos promedios, biomasa y ración alimenticia. Para estas mediciones se necesitara de una balanza electrónica de alta precisión. (Guerrero; 2011)

Estos muestreos también sirven para determinar el grado de salud del pez, a través de observaciones de la textura, coloración y órganos internos (sacrificando unos cuantos). Es necesario reportar el crecimiento del peso del pez en gramos, para llevar una tabla de crecimiento y peso, que luego servirá de referencia para otras siembras. (Guerrero; 2011)

#### **4.14.1. Crecimiento acumulado**

El tamaño en los vertebrados es algo prefijado, excepto en peces que dependen de factores ambientales (bióticos y abióticos) y se denomina indeterminado o continuo. Se entiende por crecimiento al cambio de tamaño (longitud- peso) con relación al tiempo. Un individuo se dice que crece cuando tiende a un límite, propio de las especies. Longitud y peso son atributos clave de las poblaciones de peces. La tilapia posee un crecimiento rápido en comparación con otros peces, alcanzando un peso de 3 peces/libra durante 150 días a densidad de 3-5 peces/m<sup>2</sup>, con un peso inicial de 10gr. Se adapta rápidamente a diferentes tipos de alimentos y a diferentes formas de alimentación. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 6 a 8 meses. El crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 250 gr. Por otra parte, cuando la temperatura está fuera de sus valores mínimos y máximos, junto con el pH actúan como inhibidor del crecimiento. (Rosas et –al; 1984)

#### **4.14.2. Ritmo de crecimiento**

Este se hace semanalmente a partir del muestreo de crecimiento, este no es más que el peso actual, menos el peso de la semana anterior, es importante deducir el ritmo de crecimiento porque este nos muestra la cantidad de gramos que aumentaron los organismos en cada semana de cultivo. (Martínez et-al; 1996)

El crecimiento de un organismo implica un cambio de tamaño en el tiempo. Un individuo obtiene energía del alimento y esa energía puede ser destinada a crecimiento de producción o actividad, este crecimiento puede ser de 1 a 2 gr por día, es decir de 3.5 a 7.14gr por cada cinco días. (Anónimo 7; 2008)

Obteniendo el peso promedio actual de la Tilapia se restara el promedio de la semana anterior; el dato resultante se pondrá en una gráfica. (Ramos et-al; 2006).

#### **4.14.3. Tasa de Crecimiento**

El crecimiento es muy rápido en las fases de desarrollo de larvas y juveniles, en donde llega a ser superior al 30% del alevín por día, para decrecer a medida que el pez aumenta de peso, de modo que un pez de 1 kg por lo general crece menos de 1% diario. (Mancini, 2002).

#### **4.14.4. Supervivencia**

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

Según las condiciones de cultivo se esperarían una supervivencia de alrededor del 70 a 80% en ambos cultivos. (Popma et-al; 1990)

#### **4.14.5. Factor de Conversión alimenticio**

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA), es el alimento entregado/ganancia de peso, o sea por una libra de peso adquirido, por cantidad de alimento suministrada. Normalmente una conversión alimenticia de 1.5 de libra de alimento por libra de pez, es una buena conversión. 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.

El FCA también depende de la edad del pez. Los mejores valores se encuentran en peces jóvenes y el FCA aumenta lentamente con la edad del pez hasta tender a infinito cuando el pez alcanza su peso máximo y deja de crecer siendo esto realizado en un sistema de producción semi-intensivo. (Guerrero; 2011)

#### **4.14.6. 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)

## V. MATERIALES Y METODOS

### 5.1. Localización del sitio de trabajo

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la finca La Esperanza, ubicada en el km 79 carretera León-Mangua puente la Leona 400 mts al suroeste; localizada en las coordenadas 518648.21 m E y 1364639.83 m N.

La zona corresponde a un área de Bosque Seco Tropical, a 120 Metros sobre el nivel del mar (msnm), con una temperatura promedio anual de 30°C, precipitación promedio anual de 1200 mm y humedad relativa del 88 %.



**Fig. 6.** Ubicación donde se realizó el experimento. Finca *La Esperanza*

### 5.2. Dispositivo

La toma de agua se obtuvo de un pozo con una profundidad de 4 metros donde esta fue bombeada por medio de una tubería PVC de 1 pulgada de diámetro por 12 mts de largo con una bomba sumergible TRUPER de 1 HP, hacia un tanque ROTOPLAS con capacidad de 2500 lts. El agua baja por gravedad por una tubería de 3 pulgadas la que reducimos a una tubería de 2 pulgada para llevarla

directamente al reservorio que fue utilizado en el experimento que tuvo un volumen de 300 lt y luego esta fue distribuida a las tinas experimentales con capacidad de 200lt.

### 5.3. Diseño experimental

Este experimento consistió en evaluar el crecimiento de las Tilapias en dos condiciones Monosexual y ambos sexos; en el primer sistemas de cultivo solamente organismos machos y en el segundo sistema de cultivo organismos de ambos sexos (hembra y macho) en una proporción de 2:1 (1) macho y (2) hembras respectivamente.

Este radico en seis recipientes plásticos con capacidad de 200 lt donde se introdujeron 9 tilapias por cada cultivo de 77.43 gr cada una, los recipientes plásticos fueron abastecidos con agua del pozo la que se transportó por tubos PVC de 2”.



**Fig.7.** Diagrama del diseño experimental.

#### **5.4. Preparación del agua**

Se desinfectaron los recipientes plásticos para eliminar la contaminación de cualquier patógeno que podía tener efecto en el organismo. El dispositivo se colocó en un lugar abierto para obtener productividad natural, una vez preparado los recipientes procedimos a llenarlos a una altura de 0.40 m, el agua se consiguió del pozo situado a unos 25 m de distancia. Se trabajó con un sistema de producción semi-intensivo y con el 50% de recambios de agua diario.

#### **5.5. Sexado Manual**

Antes de colocar a los organismos monosexual y ambos sexos (ambos sexos) se realizó un Sexado manual con el fin de identificar el sexo de los mismos, el método fue realizado con azul de metileno coloreando las papilas genitales localizadas detrás del ano. En el caso de los machos la papila era más alargada y puntiaguda y en la parte final tenía el orificio de la uretra, por donde expulsan su orina. En las hembras dicha papila era redondeada y más pequeña. Esto se efectuó para poner la cantidad exacta y cumplir con la relación de dos hembras y un macho (2:1) en cada repetición del cultivo de ambos sexos y en el cultivo monosexual tres (3) machos por cada repetición; obteniendo un total de nueve (9) organismos por cada cultivo. (Anónimo 5; 2004)

#### **5.6. Aclimatación**

Antes de realizar la siembra de los organismos, se realizó la aclimatación debido a que los factores físico-químicos como la temperatura y oxígeno disuelto variaron de manera significativa, colocamos las bolsas plásticas que contenían las tilapias en los recipientes plásticos que contenían agua del pozo la dejamos aclimatar durante 30 minutos, luego tomamos la temperatura y el oxígeno para observar que no tuvieran diferencias significativas y así se procedió a sembrar las tilapias (*Oreochromis niloticus*) juveniles.

## **5.7. Siembra**

Una vez que llegamos a la zona de cultivo y habiendo pasado un proceso de aclimatación, procedimos a la siembra de las tilapias colocándolas en recipientes plásticos. La densidad de siembra en los recipientes plásticos fue de 3 tilapias juveniles/m<sup>2</sup> de 77.43 gr por un periodo de 25 días.

## **5.8. Medición de Factores físico-químicos**

### **5.8.1. Oxígeno disuelto y Temperatura**

Para medir el oxígeno disuelto y la temperatura, usamos el oxigenómetro marca YSI (500) la unidad de medida es mg/L (miligramos por litro). Este se utilizó de la siguiente manera:

Fue introducido el electrodo en el agua, lo sumergimos a 15 cm de profundidad en el centro del recipiente plástico, después de un minuto y medio obtuvimos el resultado plasmado en la pantalla, el dato obtenido fue el oxígeno disuelto en el agua y temperatura de la misma. La medición de oxígeno se tomó a las 6:00 am y 6:00 pm. Los valores los registramos en el formato de campo 1 correspondiente. (Anexos). (Anónimo 3; 2000)

### **5.8.2. pH**

Usamos el pH-metro el cual se calibró con agua dulce hasta que quedo neutro (7ppm), luego se introdujo el electrodo 3 cm en el agua y se observó luego de 30 segundos el valor que se presentó. Si el valor era menor que 7 ppm se decía que el valor era ácidos y si era mayor de 7 ppm se encontraba en los valores básicos. Este valor se tomara a las 6:00 am y 6:00 pm. (Anónimo 3; 2000).

### **5.8.3. Alimentación**

La alimentación estuvo basada en alimento artificial al 28% de proteína. La tasa de alimentación artificial inicial fue de 4.3% y posteriormente se preparó de acuerdo al

desarrollo del cultivo. La frecuencia de alimentación la realizamos de cuatro veces al día en la mañana a las 9:00 am y 11:00 am y por la tarde a la 2:00 pm y a las 4:00 pm. La tabla de alimentación teórica del cultivo de tilapia está registrada en tabla 7 anexos. (Anónimo 3; 2000)

### **5.9. Parámetros de crecimiento:**

Se registraron los parámetros de crecimiento cada cinco días por el tiempo que duró el experimento, los datos se anotaron en un formato de campo 2 correspondiente (Anexos).

#### **5.9.1. Crecimiento acumulado**

Se tomaron a los 9 organismos, se colocó la balanza gramera marca (Kern) sobre una superficie limpia y plana, después se taró y se colocó un pañuelo junto con el organismo y se registró el peso, posterior a esto se devolvió el organismo a otra cubeta de agua, se pesó nuevamente el pañuelo y al resultado del peso del organismo con el pañuelo se le restó el peso de la toalla y así se obtuvo el peso real del organismo. Todo esto se anotó en el formato de campo correspondiente (anexos) y determinamos el peso promedio por la siguiente fórmula:

$$P1+P2+P3...../n \qquad \qquad \qquad \text{(Rosas, 1984)}$$

#### **5.9.2. Ritmo de crecimiento**

Se anotaron los datos de la semana actual y se le restó el peso de la semana anterior, obtuvimos como resultado el ritmo de crecimiento semanal de los organismos.

$$RC \text{ (gr)} = \text{Peso actual} - \text{Peso Anterior} \qquad \qquad \qquad \text{(Martínez et-al; 1996)}$$

### 5.9.3. Tasa de crecimiento

Es la velocidad con que crecieron los organismos en diferentes momentos, esto se calculó de la siguiente manera:

$$\text{TC (\% gr/día)} = \frac{(\log \text{ de peso final} - \log \text{ peso inicial})}{\text{Tiempo}} \times 100$$

### 5.9.4. Supervivencia

Se calculó en cada muestreo poblacional, sumando todos los organismos cosechados y se dividió entre la cantidad de organismos sembrados, multiplicando el resultado por 100.

$$\text{Supervivencia (\%)} = \frac{\text{Tilapias Cosechados}}{\text{Tilapias Sembrados}} \times 100$$

(Gunter; 2000)

### 5.9.5. Factor de Conversión alimenticio

Este factor se calculó empleando el total de alimento aplicado en el tiempo de experimento dividiéndolo entre el total de la biomasa obtenido en cada técnica de alimentación, como resultados tendremos el valor de FCA.

$$\text{FCA} = \text{Alimento total aplicado} / \text{Biomasa total}$$

FCA= factor de conversión de alimento

A<sub>ta</sub>= Alimento total aplicado. (Libras)

B<sub>t</sub>= Biomasa total. (Libras) (Saavedra; 2006)

### **5.9.6. Rendimiento productivo**

Se obtuvo por medio de la cantidad de organismos cosechados por el peso promedio que alcanzó la población, en síntesis fue la biomasa cosechada por unidad de área cultivada. Estos gramos estuvieron expresados en lb/ha. (Ramos et-al; 2006)

### **5.9.7. Manejo de datos**

Al obtener la información se examinaron los datos mediante el software Microsoft Office Excel 2010, Copyright © 2010 Microsoft Corporation, para ello se realizaron gráficos donde se definieron las variables de tiempo y se relacionaron con cada uno de los factores ambientales, además se analizaron las variables tiempo con: crecimiento acumulado, ritmo de crecimiento, sobrevivencia, rendimiento productivo y tasa de crecimiento.

## VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

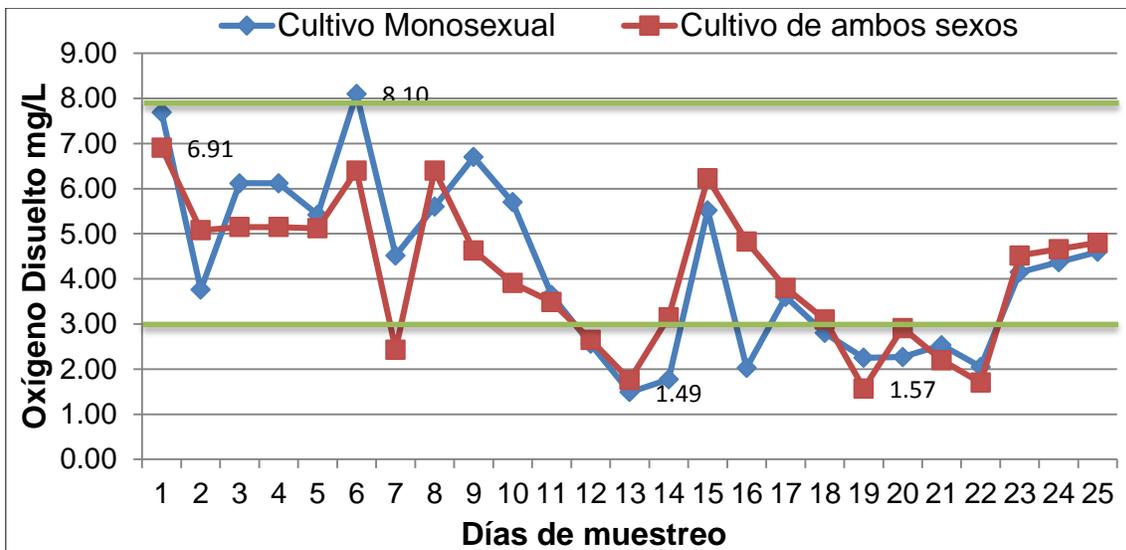
### 6.1. Factores físico-químicos

#### 6.1.1. Oxígeno Disuelto

Al analizar los datos obtenidos se puede observar que el valor máximo del Oxígeno Disuelto en el agua del cultivo monosexual fue de 8.10 mg/L el día 6 y el valor mínimo de 1.41 mg/L el día 13; en cambio en el agua del cultivo de ambos sexos tuvo un valor máximo de 6.91 mg/L el día 1 y un valor mínimo de 1.57 mg/L el día 19.

(Anónimo 3; 2000) la tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg/L), pero esto provoca efecto de estrés, reduciendo el consumo de alimento y afectando el crecimiento de los peces. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de los 3 a 8 mg/L,

De acuerdo a lo dicho por anónimo 3; 2000, los valores presentados en ambos cultivos se encontraron en los valores óptimos de Oxígeno Disuelto en los primeros doce días los cuales se presentan en la gráfica no. 1; mientras que en los días restantes los cultivos presentaron valores menores de 3.0 mg/L lo que no afectó el crecimiento de las Tilapias Oreochromis niloticus en ambas condiciones experimentales.



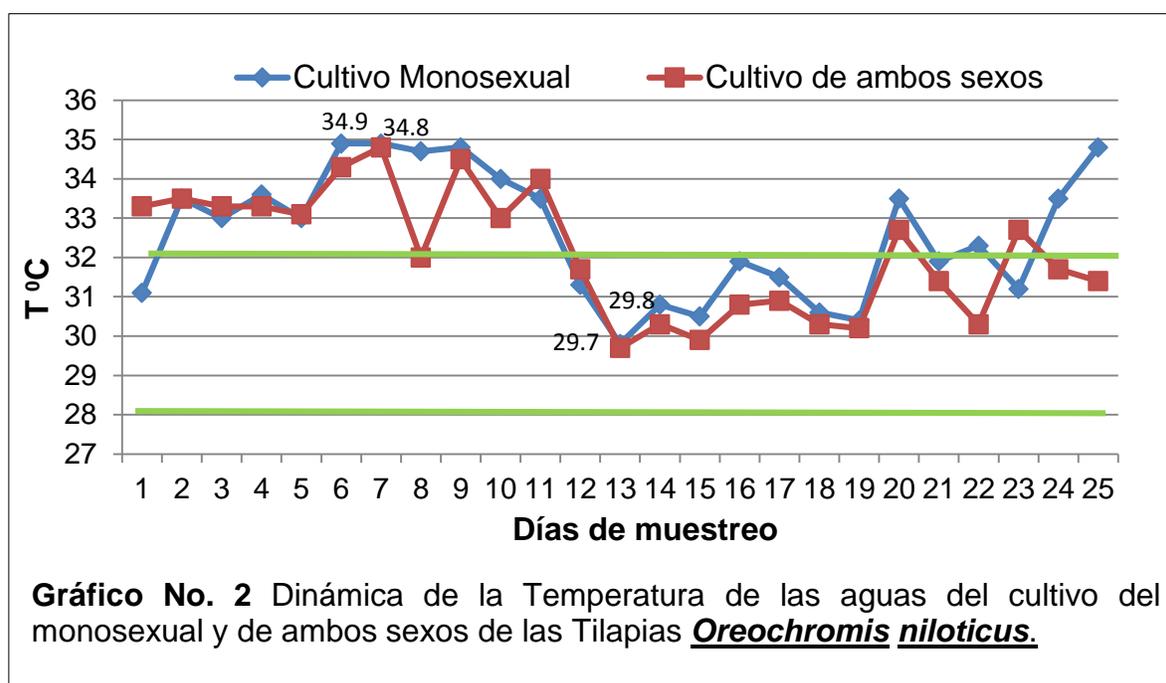
**Gráfico No. 1** Dinámica del Oxígeno Disuelto en las aguas del cultivo monosexual y de ambos sexos de las Tilapias *Oreochromis niloticus*.

## 6.2. Temperatura

En la gráfica No. 2 los valores de Temperatura del agua del cultivo monosexual, el valor máximo fue de 34.9 °C en los días 6 y 7 y el valor mínimo de 29.8 °C el día 13; en cuanto a la temperatura del agua del cultivo de ambos sexos el valor máximo fue de 34.8 °C el día 7 y el valor mínimo fue de 29.7 °C el día 13.

Según Saavedra (2006) los rangos óptimos de temperatura para el cultivo de tilapias fluctúan entre 28 °C y 32 °C. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-33°C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42°C.

De acuerdo a lo dicho por el autor citado anteriormente, los datos obtenidos en nuestro experimento muestran que la temperatura del agua de ambos cultivos en los primeros once días se encontró en los intervalos de tolerancia y el resto de los días se encontró en los valores óptimos establecidos para el crecimiento y reproducción.

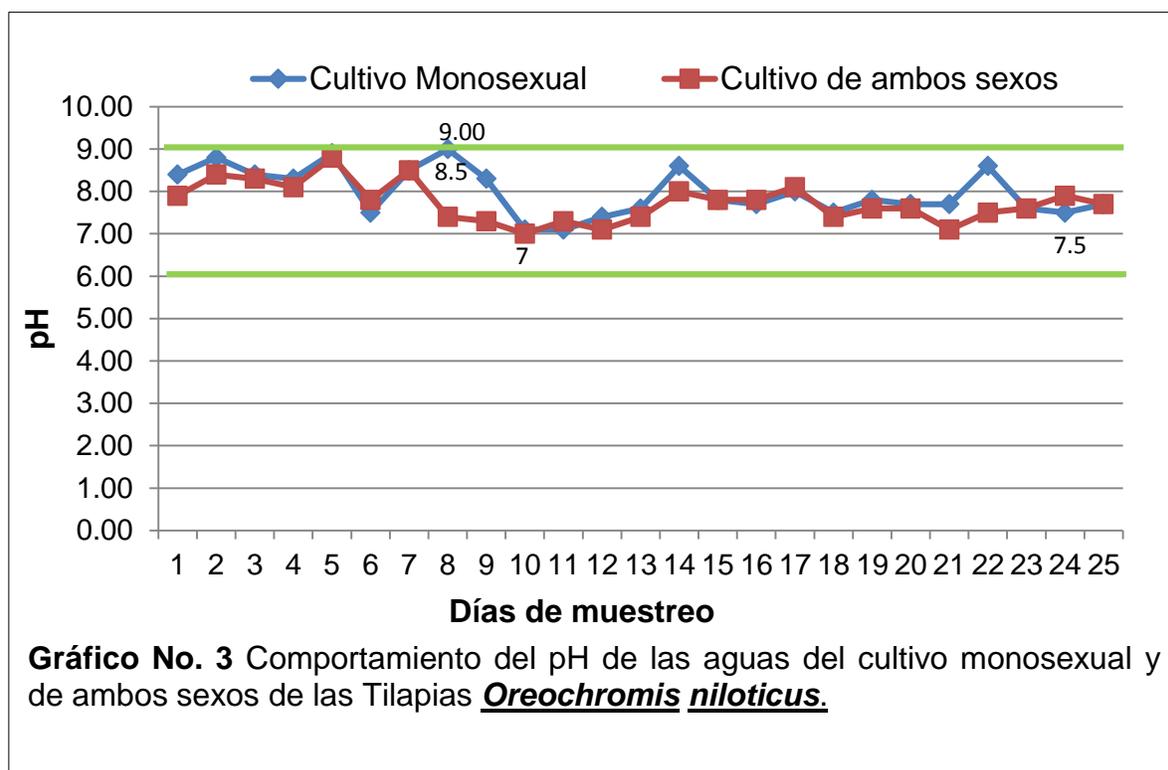


### 6.3. pH

En la gráfica No.3 se muestran los valores de pH en las aguas del cultivo monosexual donde su valor máximo fue de 9.0 pH el día 8 y un valor mínimo de 7.5 pH el día 24. En el cultivo de ambos sexos el valor máximo fue de 8.5 pH el día 7 y el valor mínimo fue de 7.0 pH el día 10.

Según NICOVITA (2002), el rango óptimo está entre 6.5 a 9.0. Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción.

De acuerdo a lo dicho por NICOVITA (2002) el pH de las aguas de ambos tratamientos se encuentra en los valores óptimos de crecimiento de las Tilapias *Oreochromis niloticus*.



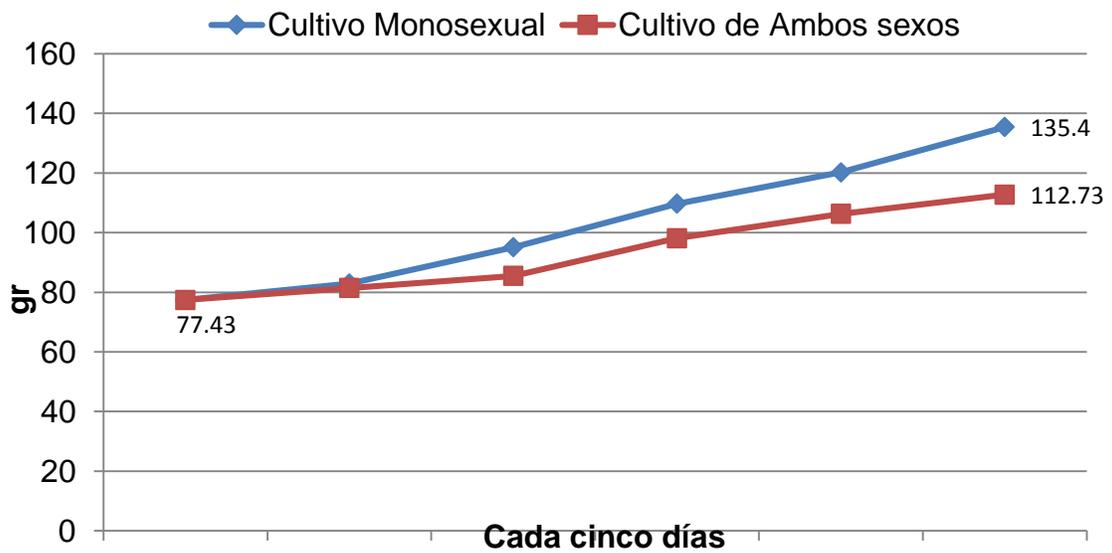
## **6.2. Parámetros poblacionales**

### **6.2.1. Crecimiento Acumulado**

Se observó que al final del experimento el cultivo monosexual tuvo mayor crecimiento, su peso inicial fue de 77.43 gr al final del experimento se obtuvo un promedio 135.42 gr, con relación al cultivo de ambos sexos su peso inicial fue de 77.43 gr y de peso promedio final fue de 112.73 gr.

Según Rosas (1984), la Tilapias posee un crecimiento rápido en comparación con otros peces, alcanzando un peso de 3 peces/libras durante 150 días a densidad de 3 a 5 peces/m<sup>2</sup>. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 6 a 8 meses alcanzando un peso promedio de 15 a 50 gr en cuatro semanas. Por otra parte, cuando la temperatura está fuera de sus valores mínimos y máximos, junto con el pH actúan como inhibidor del crecimiento.

Según los resultados obtenidos en el experimento, el cultivo monosexual tuvo un promedio de crecimiento de 57.99 gr debido a que los machos ganaron mayor biomasa en menor tiempo, en cambio el cultivo de ambos sexos tuvo un promedio de crecimiento de 35.3 gr; nuestros promedios de crecimiento fue mayor en relación al tiempo en el cultivo monosexual, dado que nuestro experimento duro 25 días.



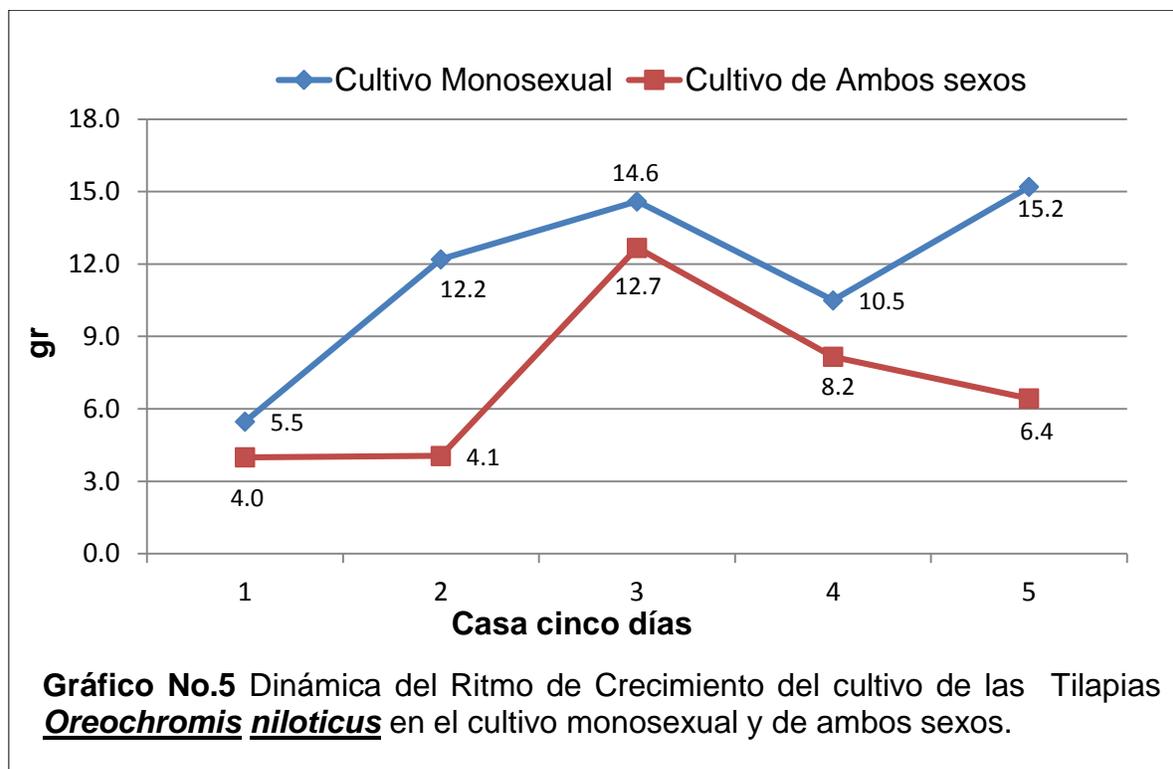
**Gráfico No. 4** Dinámica del Crecimiento Acumulado de las Tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo monosexual y de ambos sexos.

### 6.2.2. Ritmo de Crecimiento

En la gráfica No. 5 se muestran valores que se obtuvieron en ambos cultivos al final del experimento siendo el del cultivo monosexual de 11.59 gr promedio y del cultivo de ambos sexos fue de 7.06 gr promedio en un periodo de 25 días.

Según estudios de Anónimo 7 (2008), las Tilapias deben tener un Ritmo de Crecimiento de 1 a 2 gr/día, es decir de 3.5 a 7.14 gr cada cinco días.

De acuerdo a lo dicho por Anónimo 7 (2008), pudimos observar que los organismos se mantuvieron en los intervalos estipulados ya que en el cultivo monosexual creció 2.3 gr/día aproximadamente, mientras que en el cultivo de ambos de sexos crecieron 1.4gr/día.

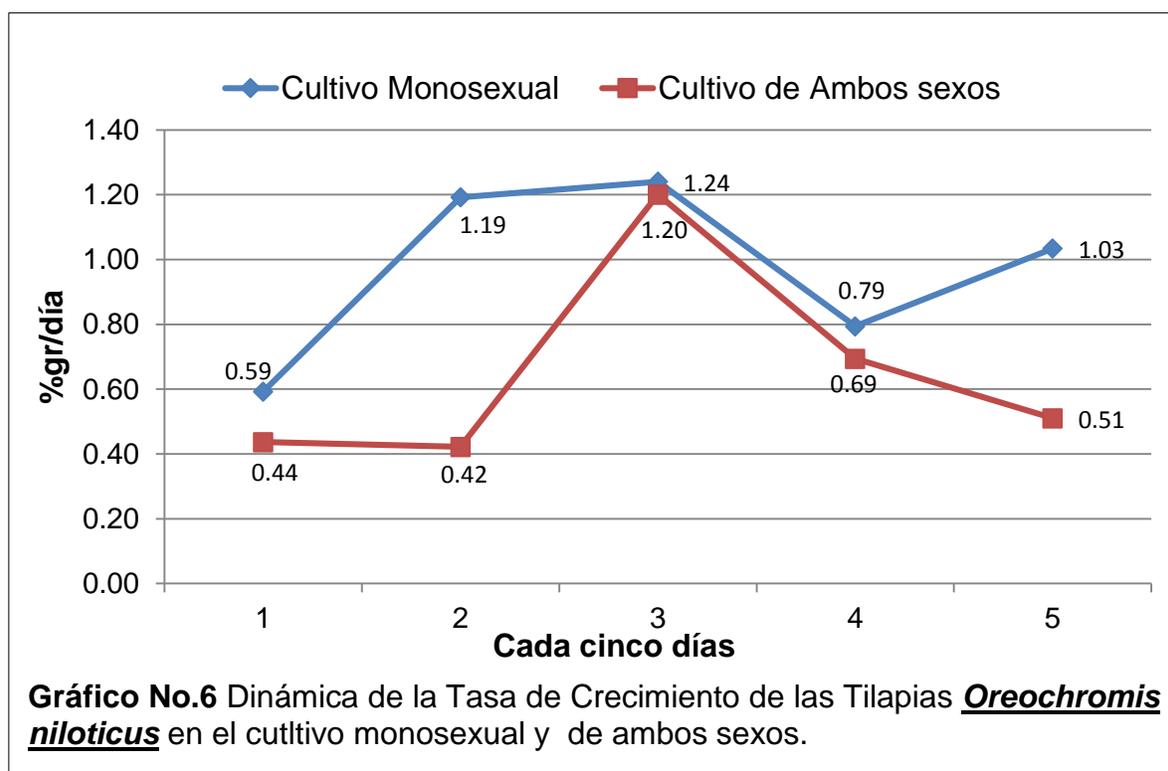


### 6.2.3. Tasa de Crecimiento

En la gráfica No.6, se puede observar que la Tasa de crecimiento de las Tilapias *Oreochromis niloticus* la velocidad de crecimiento promedio del cultivo monosexual fue de 0.97 gr/día y en el cultivo de ambos sexos la velocidad fue de 0.65 /gr/día durante los 25 días del experimento.

Según Mancini (2002), el crecimiento es muy rápido en las fases de desarrollo de larvas y juveniles, en donde llega a ser superior al 30% del alevín por día, para decrecer a medida que el pez aumenta de peso, de modo que un pez de 1 kg por lo general crece menos de 1% diario.

De acuerdo a lo dicho según Mancini (2002) la velocidad de crecimiento de las Tilapias se encuentran entre el valor establecido. Diciendo que en el cultivo monosexual tuvo mayor velocidad de crecimiento numérico y estadístico ( $p < 0.05$ ).

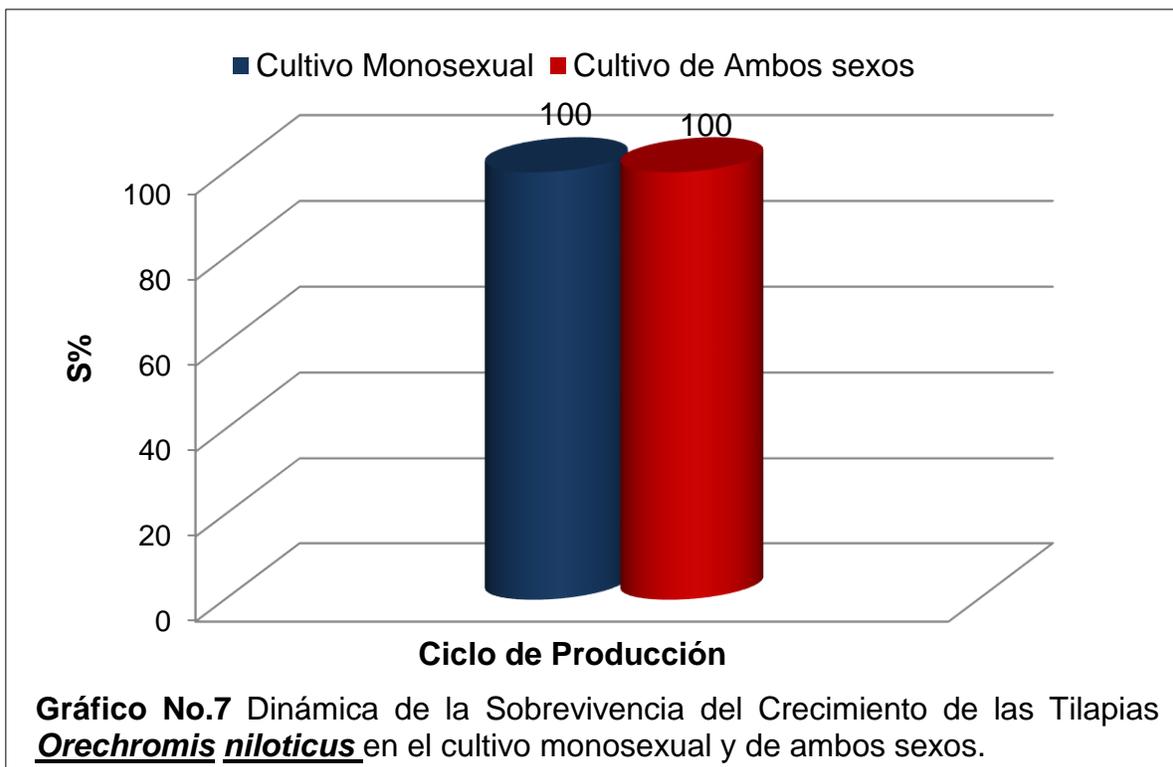


#### 6.2.4. Sobrevivencia

La sobrevivencia de organismos final de ambas cultivos fue de un 100%, lo cual demuestra que no se obtuvieron mortalidades durante los 25 días del experimento.

Según Popman y Green (1990), una sobrevivencia del 70 al 80% es aceptable en la fase de pre-engorde.

Según lo dicho por Popman y Green (1990) en nuestros cultivos se obtuvo 100% de sobrevivencia, diciendo que en ambas se encontraban en buenas condiciones de sanidad y calidad de agua.

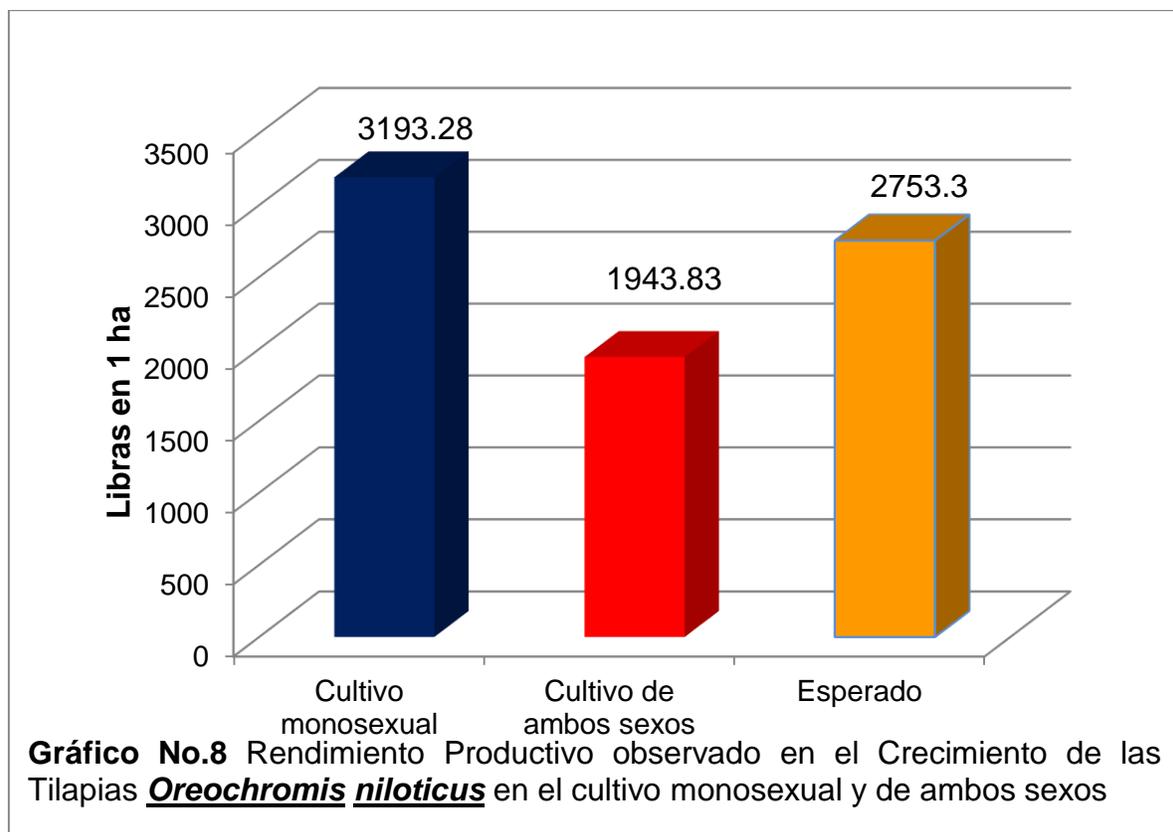


### 6.2.5. Rendimiento Productivo

El cultivo monosexual presentó un rendimiento productivo de 0.32 lb/m<sup>2</sup>, mientras que el de ambos sexos fue de 0.19 lb/m<sup>2</sup>.

Según Ramos et-al (2006) la producción puede variar en función de la densidad de siembra, porcentaje de sobrevivencia y peso promedio final de los organismos. Este autor propone que para las tilapias juveniles el Rendimiento Productivo es de 17,100 lbs/ha.

Las diferencias numéricas expresadas en los resultados de este experimento se debieron fundamentalmente a que en el cultivo de ambos sexos el crecimiento fue menor debido a la temprana maduración sexual de las hembras.

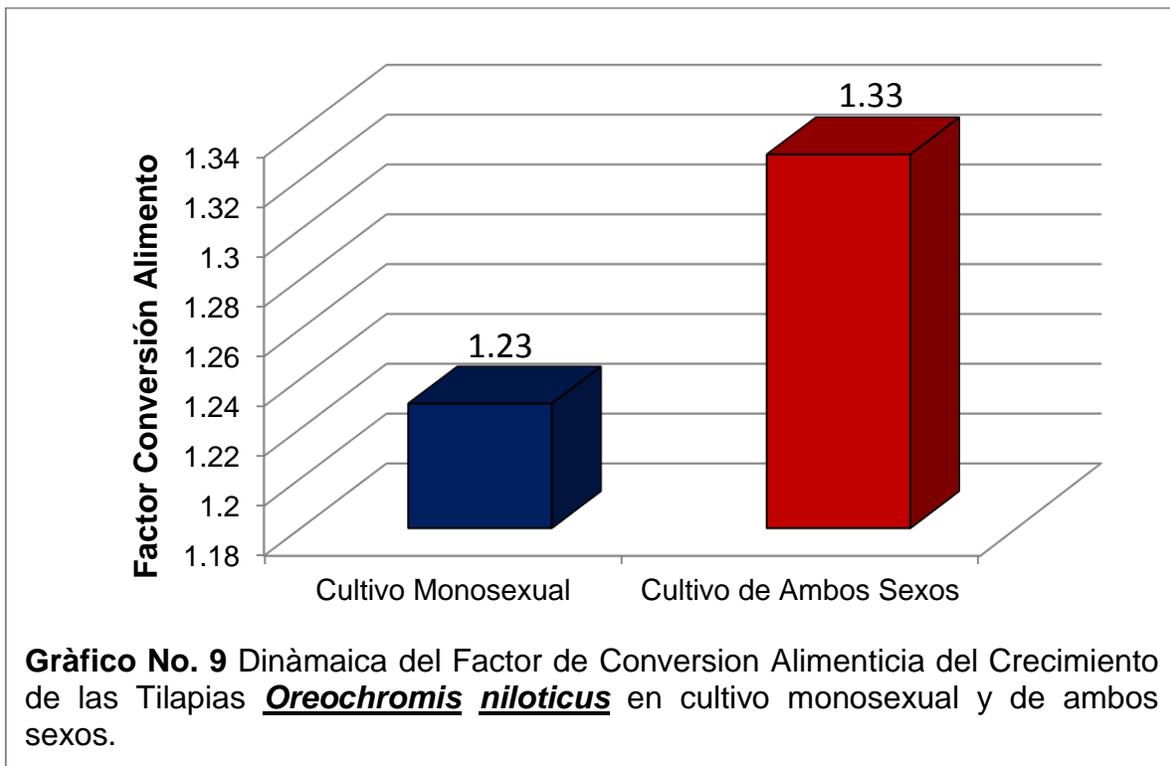


### 6.2.6. Factor de Conversión Alimenticia

El factor de conversión alimenticia final para el cultivo monosexual fue de 1.23 y para el de ambos sexos fue de 1.33.

Según Guerrero (2011), 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, normalmente una conversión alimenticia de 1.5 de libra de alimento por libra de pez, es una buena conversión. Más arriba de eso la producción es económicamente inviable.

De acuerdo a lo dicho por Guerrero los valores finales del experimento se encontraron en los descritos anteriormente, pero obteniendo un FCA mayor en el cultivo de ambos sexos debido a que el alimento suministrado fue exclusivamente desviado para la reproducción.



## VII. CONCLUSIÓN

Partiendo de los resultados obtenidos en la investigación se ha concluido con lo siguiente:

### 1. Factores Fisicoquímicos

El oxígeno disuelto de las aguas del cultivo monosexual tuvo un valor máximo de 8.10 mg/L y un valor mínimo de 1.41 mg/L; mientras que el oxígeno disuelto de las aguas del cultivo de ambos sexos tuvo un valor máximo de 6.91 mg/L y un mínimo de 1.57mg/L. En cuanto a las temperaturas de las aguas del cultivo monosexual el valor máximo fue de 34.9 °C y mínimo de 29.8 °C; en el cultivo de ambos sexos se observaron temperaturas máximas de 34.8 °C y un mínimo de 29.7 °C. El pH de las aguas del cultivo monosexual obtuvo un valor máximo de 9.0 pH y un valor mínimo de 7.5 pH siendo para el cultivo de ambos sexos el valor máximo de fue de 8.8 pH y un mínimo de 7.1 pH.

### 2. Parámetros Poblacionales

Los pesos acumulados iniciales para ambos cultivos fueron de 77.43gr obteniendo el cultivo monosexual un peso final de 135.42 gr y el cultivo de ambos sexos con un peso final de 112.73 gr, existiendo una diferencia estadística entre ambos pesos ( $p < 0.05$ ). El ritmo de crecimiento promedio del cultivo monosexual fue de 11.59 gr y en el de ambos sexos fue de 7.06 gr. La tasa de crecimiento final fue de 0.90 en el cultivo monosexual y de 0.65 para el cultivo de ambos sexos.

3. La sobrevivencia de las Tilapias *Oreochromis niloticus* a nivel experimental se observando que en ambos cultivos fue del 100%. El rendimiento productivo extrapolados en metros cuadrados para el cultivo monosexual fue de 1.75 Lb/m<sup>2</sup> y en para el de ambos sexos fue de 1.45 Lb/m<sup>2</sup>. El factor de conversión alimenticio final para el cultivo monosexual fue 1.23 mientras que para el de ambos sexos fue 1.33.

4. De acuerdo al análisis estadísticos de nuestros datos podemos decir y observar que se rechaza la hipótesis nula, ( $p < 0.05$ ), es decir, que en ambos tratamientos hay diferencias significativas comprobando que el crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* es diferente cuando se cultiva solo machos, q cuando se cultivan ambos sexo.

## VIII. RECOMENDACIONES

A futuros investigadores y productores de Tilapia se les recomienda:

1. Cuando se diseñe el dispositivo experimental no permitir el acceso de animales que puedan perjudicar la calidad del experimento.
2. Contar con equipos en buen estado para la toma de parámetros poblacionales.
3. Verificar que las Tilapias tengan el mismo peso y talla para llevar un mejor control y no tener percances.

## IX. BIBLIOGRAFÍAS

Anónimo 1. 2009. Modelo Tecnológico para cultivo de Tilapia (*Oreochromis*), en Jaulas. México DF, 22.pp.

Disponible en:  
<http://www.tilapiademexico.org/.../Modelo%20Tecnológico%20de%20Tilapia>

Anónimo 2. 2011. Guía Empresarial para el cultivo, engorda y comercialización de la Tilapia (Mojarra). México DF. 17 pp.

Disponible en:  
[http://www.tilapiademexico.org/system/publicaciones/Guia%20Empresarial%20para%20el%20Cultivo,%20Engorda%20y%20Comercializaci%C3%B3n%20de%20Tilapia%20\(mojarra\).pdf](http://www.tilapiademexico.org/system/publicaciones/Guia%20Empresarial%20para%20el%20Cultivo,%20Engorda%20y%20Comercializaci%C3%B3n%20de%20Tilapia%20(mojarra).pdf)

Anónimo 3. 2000. Manual de Crianza Tilapia. Alimentos Balanceados. Nicovita-Lima. Perú. 49pp.

Disponible en:  
<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

Anónimo 4. 2008. Engorda de mojarra tilapias (*Oreochromis niloticus*) y mojarra castarrica (*Cichlasoma auripalmus*) en tanques circulares en Isla Aguana Carmen Campeche. Federación de Sociedad de Cooperativas de la Industria pesquera del estado de Campeche S de RL de CV.18pp.

Disponible en:  
[sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/.../04CA2008PD033.pdf](http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/.../04CA2008PD033.pdf)

Anónimo 5. 2004. Cultivo de Tilapia. Vice ministerio de pesquería, Dirección nacional de acuicultura. Lima-Perú. 5-9pp.

Disponible en:  
[www.innovacion.gob.sv/.../Cultivo%20De%20Tilapia,%20Lima%20-%2](http://www.innovacion.gob.sv/.../Cultivo%20De%20Tilapia,%20Lima%20-%2)

Anónimo 6. 2008. Cultivo de tilapia masculinizada para incrementar la producción. Ficha de la Tecnología. Lima-Perú. 1pp.

Disponible en:  
[utep.inifap.gob.mx/.../CULTIVO%20DE%20TILAPIA%20MASCULINI...](http://utep.inifap.gob.mx/.../CULTIVO%20DE%20TILAPIA%20MASCULINI...)

Anónimo 7. 2008. Tilapia: antecedentes de la especie del futuro. Perú. 13pp.

Disponible en:  
[http://www.panoramaacuicola.com/articulos\\_y\\_entrevistas/2008/12/19/tilapia\\_antecedentes\\_de\\_la\\_especie\\_del\\_futuro.html](http://www.panoramaacuicola.com/articulos_y_entrevistas/2008/12/19/tilapia_antecedentes_de_la_especie_del_futuro.html)

Anónimo 8. 1997. Estudio de Desarrollo y producción de la Tilapia *Oreochromis niloticus*. Secretaria y Agricultura, pesca y alimentación. Buenos Aires, Argentina. 27pp.

Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?c=26>

Anónimo 9. 2008. Manual sobre “Reproducción y cultivo de Tilapias”. CENDEPESCA. El Salvador, Centroamérica. 68pp.

Disponible en:  
[www.mag.gob.sv/.../manual%20reproduccion%20y%20cultivo%20tilapias](http://www.mag.gob.sv/.../manual%20reproduccion%20y%20cultivo%20tilapias)

Arévalo, J;Marin, A. 2011.Comparación del rendimiento del cultivo de tilapia del Nilo (*oreochromis niloticus*) utilizando machos reversados versus machos genéticamente mejorados (supermachos) criados en sistema intensivo. Universidad de El Salvador, Facultad multidisciplinaria oriental Departamento de ciencias agronómicas. San Miguel, El Salvador. 133pp.

Disponible en: <http://opac.fmoues.edu.sv/infolib/tesis/50107585.pdf>

Barton, B.A. y G.K. Iwama. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. Annual Reviews of Fish Diseases. Alabama. 26pp

Disponible en: [www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101009/100915.pdf](http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101009/100915.pdf)

Beamish, F.W.H., Sitja-Bobadilla, A., Jebbink, J.A. y P.T.K. Woo. 1996. Bioenergetic cost of cryptobiosis in fish: rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* infected with *Cryptobia salmositica* and with an attenuated live vaccine. Diseases of Aquatic Organisms. El Salvador. 25pp

Disponible en: [www.umar.mx/tesis\\_PA/tesis.../MORENO-ENRIQUEZ-BIO-MAR.pdf](http://www.umar.mx/tesis_PA/tesis.../MORENO-ENRIQUEZ-BIO-MAR.pdf)

Bocek A. (2002). Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo Rural. Alabama, 12pp.

Disponible en: <http://ag.arizona.edu/azaqua/AquacultureTIES/publications/Spanish%20WHA/P/TIL1%20Intro%20Tilapia.pdf>

Bhujel, R.C. (2000) A review of strategies for the management of Nile tilapia broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. *Aquaculture* 181. Honduras. 59pp.

Disponible en: <http://africhthy.org/content/review-strategies-management-nile-tilapia-oreochromis-niloticus-broodfish-seed-production-sy>

Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. En: Hoar, W.S., Randall, D.J. y Brett, J.R. (eds) Fish physiology. Vol8. Academic Press. New York. 675pp

Disponible en: [www.tdx.cat/bitstream/10803/9902/1/munoz.pdf](http://www.tdx.cat/bitstream/10803/9902/1/munoz.pdf)

Castillo L. 2011. Tilapia Roja 2011. Valle Colombia, 56pp.

Disponible en: <http://es.slideshare.net/ginosmit/tilapia-roja-2011>

CERQUEIRA, V. 1990. Observações preliminares sobre o crescimento de juvenis de robalo, *Centropomus parallelus* e *Centropomus undecimalis*, com dietas naturais artificiais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. 10pp.

Disponible en: [repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15906/1/40740\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15906/1/40740_1.pdf)

Chacón, E. Santamaría, J. 2007. Ministerio de agricultura y ganadería. Instituto Costarricense de pesca y acuicultura. Heredia, Costa Rica. 70pp.

Disponible en: <http://mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00081.pdf>

Clark, T.D. y R.S. Seymour. 2006. Cardiorespiratory physiology and swimming energetics of a high-energy-demand teleost, the yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*). *Journal of Experimental Biology*. New York. 951pp.

Disponible en: [digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis\\_5172\\_Prymaczok.pdf](http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_5172_Prymaczok.pdf)

Costas, B., Aragão, C., Mancera, J.M., Dinis, M.T. y L.E.C. Conceição. 2007. High stocking density induces crowding stress and affects amino acid metabolism in Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup 1858) juveniles. *Aquaculture Research*. New York. 39pp.

Disponible: [cloud.was.org/meetings/pdf/Lacqua2014\\_abstracts.pdf](http://cloud.was.org/meetings/pdf/Lacqua2014_abstracts.pdf)

D'Abramo, L., Conklin, D. y D.L. Akiyama. (1997). Crustacean nutrition. *Advances in World Aquaculture*, California. 76pp.

Disponible en: [www.unac.edu.pe/documentos/.../CAP%20I%20Y%20II.PDF](http://www.unac.edu.pe/documentos/.../CAP%20I%20Y%20II.PDF)

Devlin Y Nagahama (2002) Sex determination and sex differentiation in Fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 191-364pp. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=4370946&pid=S0716-078X200400010001500009&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=4370946&pid=S0716-078X200400010001500009&lng=es)

Díaz, M. Alva, R. 2012. Cultivo semi-intensivo de tilapia, *Oreochromis niloticus*, en estanque de concreto en el caserío Palo Blanco (Cascas, La Libertad-Perú). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 99pp. Disponible en: [www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com\\_docman](http://www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com_docman)

Dokken, Q.R. 1987. Effects of varying macronutrients and energy ratio on growth and survival of *P. vannamei* and *P. setiferus*. Texas A&M University, College Station, Texas, USA. Unpublished.

Disponible en: [www.fao.org/3/contents/391d6836-ae01-530a-9df5.../AB491S02.htm](http://www.fao.org/3/contents/391d6836-ae01-530a-9df5.../AB491S02.htm)

Fuller, M.F., Weekes, T.E.C., Cadenhead, A. y J.B. Bruce. 1977. The protein-sparing effect of carbohydrate. British Journal of Nutrition 38:489-496.

Disponible en: [www.vet.unne.edu.ar/inicne/revictiol/5%20FLORES-Q/5FLORES-Q.pdf](http://www.vet.unne.edu.ar/inicne/revictiol/5%20FLORES-Q/5FLORES-Q.pdf)

García Barrionuevo, M. 2010. Estudio y análisis del pescado tilapia y propuesta gastronómica. Universidad tecnológica equinoccial. Quito–Ecuador. 38pp.

Disponible en: [repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15906/1/40740\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15906/1/40740_1.pdf)

Green, B.W., Veverica, K.L., Fitzpatrick, M.S., 1997. Fry and Fingerling production. In: Egna, H.S., Boyd, C.E.(Eds.), Dynamics of Pond Aquaculture. CRC Press, Boca Raton, USA. 243pp.

Disponible en: <http://crsps.net/resource/fry-and-fingerling-production>

Gunter, 2000. Guía para el cultivo de Tilapia. Primera edición impreso en México. 138 pp.

Disponible en: [www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/.../1memoriastilapia1.pdf](http://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/.../1memoriastilapia1.pdf)

Guzman, C., Gaxiola, G., Rosa, C. y A. Torre-Blanco. 2001. The effect of dietary protein and total energy content on digestive enzyme activities, growth and survival of *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus 1767) postlarvae. Aquaculture Nutrition 7. Colombia. 122pp.

Disponible en: [www.encuentros.uma.es/encuentros112/hormonas.htm](http://www.encuentros.uma.es/encuentros112/hormonas.htm)

Guerrero R. (2011). Manual de inducción al cultivo de tilapias. Instituto Nicaragüense de la pesca y acuicultura. Managua, Nicaragua. 35pp

Disponible en: [www.mag.gov.py/.../Manual%20Extencionista%20Acuicola%202011.pdf](http://www.mag.gov.py/.../Manual%20Extencionista%20Acuicola%202011.pdf)

Harvey BJ, WS Hoar. 1980. Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. Centro Internacional para el Desarrollo, Ottawa, Canadá. 121pp

Disponible en: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/amv/v40n2/art02.pdf>

Hurtado, N. 2005. Inversión sexual en tilapias. nHIngenieros consultores. Lima-Perú.43pp.

Disponible en: [www.ciclicos-mexico.com/articulos/nh\\_invsextilapia.pdf](http://www.ciclicos-mexico.com/articulos/nh_invsextilapia.pdf)

Jauncey, K. 2000. Nutritional requirements. In M.C.M. Beveridge & B.J. McAndrew eds. *Tilapias: Biology and Exploitation*,. Lancaster, United Kingdom, Kluwer Academic Publisher., 508 pp

Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/references/es/>

Lehninger, A.L. 1995. Bioquímica. Segunda Edición. Ediciones Omega S.A. de C.V. Barcelona, España. 117 pp.

Disponible en: [www.medioruralemar.xunta.es/fileadmin/.../Genetica\\_salmon\\_07\\_II.pdf](http://www.medioruralemar.xunta.es/fileadmin/.../Genetica_salmon_07_II.pdf)

Little, D. C., & Edwards, P. 2004. Impact of nutrition and season on pond culture performance of mono-sex and mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 232(1), 279-292pp.

Disponible en: <http://r4d.dfid.gov.uk/Output/187165>

Llanes J, Toledo J, Fernández I, Lazo J. (2006). Nutrición y alimentación de tilapias. Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA). Cuba. 4pp

Disponible en: [www.actaf.co.cu/revistas/.../27%20NUTRICION%20TILAPIAS.pdf](http://www.actaf.co.cu/revistas/.../27%20NUTRICION%20TILAPIAS.pdf)

Lucas, A. 1996. Bioenergetics of Aquatic Animals. Taylor & Francis, Ltd. 169 pp.

Disponible en: [www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/histologia/matcompsistemaendocrino.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/histologia/matcompsistemaendocrino.pdf)

Mancini, M. 2002. Introducción a la bibliografía de los peces. Colombia. 8pp

Disponible en: [http://www.producción-animal.com.ar/producción-peces/piscicultura/07-introduccion\\_biologia\\_peces.pdf](http://www.producción-animal.com.ar/producción-peces/piscicultura/07-introduccion_biologia_peces.pdf)

Manzanares J. 2011. Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis sp*). Universidad del Papalonal Campus Tuxtepec. San Juan Bautista, Tuxtepec Oaxaca. 8 pp.

Disponible en:  
[http://www.unpa.edu.mx/tesis\\_Tux/tesis\\_digitales/TESIS%20JOS%C3%89%20LUIS%20LORENZO%20MANZANAREZ.pdf](http://www.unpa.edu.mx/tesis_Tux/tesis_digitales/TESIS%20JOS%C3%89%20LUIS%20LORENZO%20MANZANAREZ.pdf)

MATTY, A.J. 1985. Fish Endocrinology. 267 pp.

Disponible en: <http://r4d.dfid.gov.uk/Output/187165>

Miura T, T Kasugai, Y Nagahama, K Yamauchi. 1995. Acquisition of potential for sperm motility in vitro in Japanese eel *Anguilla japonica*. Fisheries Sci., 533 pp

Disponible en: [www.magrama.gob.es/es/.../i\\_marco\\_general\\_canarias\\_tcm7-204329.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/.../i_marco_general_canarias_tcm7-204329.pdf)

Mylonas CC, Y Zohar. 2001a. Endocrine regulation and artificial induction of oocyte maturation and spermiation in basses of the genus *Morone*. Aquaculture 202, 205 pp

Disponible en: [eprints.ucm.es/3315/1/AH3019001.pdf](http://eprints.ucm.es/3315/1/AH3019001.pdf)

Morales Díaz A. 2003. Cultivo y Comercialización de la tilapia. México D.F. 4pp.

Disponible en:  
[www.cuautitlan.unam.mx/descargas/licenciaturas/mvz/.../piscicultura.pdf](http://www.cuautitlan.unam.mx/descargas/licenciaturas/mvz/.../piscicultura.pdf)

Nagahama Y. 1994. The functional morphology of teleost gonads. In Hoar WS, Randall DJ (eds). Fish Physiology. Vol. IX A. Academic Press Inc, New York, USA, Pp 223 pp

Disponible en:

[www.ins.gob.pe/insvirtual/images/revista/pdf/rpmesp2013.v30.n1.pdf](http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/revista/pdf/rpmesp2013.v30.n1.pdf)

NICOVITA. 2002. Manual de Crianza de Tilapia NICOVITA. Carmen de la Legua, Argentina. 49pp.

Disponible en:

<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%crianza%20de%20tilapia.pdf>.

Ortega-Salas, A.A. 1987. Age and growth of the dab (*Limanda limanda*) (Linnaeus) otoliths in Isle of Man waters. An. Inst. Cienc. DEL Mar y Limnol. UNAM. 77pp.

Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4627/1/7148.pdf>

Peter RE, KL Yu. 1997. Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: basic and applied aspects. Rev Fish Biol Fisher 7, 173 pp.

Disponible: [www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5\\_report\\_full\\_es.pdf](http://www.unep.org/geo/pdfs/geo5/GEO5_report_full_es.pdf)

Popma, T. J. y B. W. Green. (1990). Sex Rerversal of Tilapia in Eartherm Ponds International Center of Aquaculture, Auburn University, Alabama, USA. 15pp

Disponible en:

[sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/.../04CA2008PD054.pdf](http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/.../04CA2008PD054.pdf)

Prosser, C.L. 1986. Adaptational biology: Molecules to organisms. John Wiley, New York. 67pp.

Disponible en: [pecuariaslicely.blogspot.com/p/peces.html](http://pecuariaslicely.blogspot.com/p/peces.html)

Quintanilla, M. 2008. Manual sobre Reproducción y cultivo de tilapia. CENDEPESCA. El Salvador, Centroamérica. 16pp. Disponible en:

[www.slideshare.net/stefabi/manual-de-crianza-de-tilapia](http://www.slideshare.net/stefabi/manual-de-crianza-de-tilapia)

Ramos F. Treminio S, Meyer. D, Barrientos A. 2006. Determinación de los costos del cultivo de la Tilapia a pequeña y mediana escala. 180pp.

Disponible en:  
[http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/determinación\\_Meyer007.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/determinación_Meyer007.pdf)

Re, A.D., Diaz, F., Sierra, E. y S. Gomez-Jimenez.(2004). Oxygen consumption, ammonium and osmoregulatory capacity of *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson) exposed to different combinations of temperature and salinity. Ciencias Marinas. Colombia. 453pp.

Disponible en: [www.iamz.ciheam.org/espanol/cursos11-12/pub-12-repropeces-esp.htm](http://www.iamz.ciheam.org/espanol/cursos11-12/pub-12-repropeces-esp.htm)

REDVET, ©2010. Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México?. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504, 15pp.  
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> -<http://revista.veterinaria.org>.

Rivas, L.R., 1986. Systematic review of the perciform fishes of the genus *Centropomus*. Copeia, 3pp.

Disponible en: <http://pdf.usaid.gov/pdfdocs/PNADK649.pdf>

Rosas C. et-al (1984), Respuestas metabólicas de *Sarotherodon mossambicus* medidas experimentalmente en un gradiente térmico (Pisces Cichlidae) México D.F. México, 10pp.

Disponible en: <http://bibloweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986-articulo202.html>.

Saavedra Martínez, M. A. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. 19pp. Disponible en: [http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades del cultivo de Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)

Saavedra, M.A. (2006). Texto de Asignatura Producción Agropecuaria y Acuícola Carrera Ingeniería Industrial Departamento de tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. 68 pp.

Disponible en: <http://pdf.usaid.gov/pdfdocs/PNADK649.pdf>

Tenorio G. 2003. Caracterización isoenzimática de introducidas en México *Oreochromis niloticus* *O. mossambicus* introducidas en México. Instituto de Recursos, Universidad del Mar. 12.pp.

Disponible en: [www.umar.mx/revistas/19/niloticus.pdf](http://www.umar.mx/revistas/19/niloticus.pdf)

Tave, D (1995) Production of all male *Tilapia aurea* by sex-reversed broodstock. Aquaculture Magazine USA 78-80pp. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=4370962&pid=S0716-078X200400010001500025&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=4370962&pid=S0716-078X200400010001500025&lng=es)

Vergara V. (2002). NECESIDADES NUTRICIONALES DE TRUCHAS Y TILAPIAS. Lima- Perú. 26pp

Disponible en: [csptilapianayarit.org/.../Generalidades del cultivo de Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/.../Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)

ZANUY, S., CARRILLO A. 1990. Seasonal changes in plasma levels of gonadal steroid of sea bass *Dicentrarchus labrax* L. Gen. Comp. Endocrinol., 78pp.

Disponible en: [http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades del cultivo de Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)

Zohar Y. 1988. Gonadotropin releasing hormone in spawning induction in teleosts: basic and applied considerations. *Reproduction in fish: basic and applied aspects in endocrinology and genetics*. Tel-Aviv, Israel, 10-12 November 1986. Ed. INRA, Paris 1988. Les Colloques de l'INRA 4, 47-60pp  
Disponible en: [www.unac.edu.pe/documentos/.../CAP%20I%20Y%20II.PDF](http://www.unac.edu.pe/documentos/.../CAP%20I%20Y%20II.PDF)

## X. ANEXOS

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León

Formato de campo 1. Base de datos de Factores Físicoquímicos.

**FORMATO DE CAMPO FACTORES FÍSICOS-QUÍMICOS: Tilapia Oreochromis niloticus.**

Tesis: \_\_\_\_\_

Tratamiento: \_\_\_\_\_ Replica: \_\_\_\_\_ Área: \_\_\_\_\_

Sistema de cultivo: \_\_\_\_\_ Pl/m<sup>2</sup>: \_\_\_\_\_

Fecha de siembra: \_\_\_\_\_

Fecha	Oxígeno Disuelto		Temperatura		pH	
	6:00 AM	6:00 PM	6:00 AM	6:00 PM	6:00 AM	6:00 PM

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León

Formato de Campo 2. Muestreo Poblacional

**FORMATO DE CAMPO MUESTREO DE PESO SEMANAL: Cultivo de Tilapia**  
**Oreochromis niloticus.**

Tesis: \_\_\_\_\_

Tratamiento: \_\_\_\_\_ Replica: \_\_\_\_\_ Área: \_\_\_\_\_

Sistema de cultivo: \_\_\_\_\_ Pl/m<sup>2</sup>: \_\_\_\_\_

Fecha de siembra: \_\_\_\_\_

Fecha de muestreo: \_\_\_\_\_

Organismo	Peso de toalla + organismo	Peso de toalla húmeda	Peso real del organismo
		Peso total	
		Promedio	

Tabla No 7. Tabla de alimentación del cultivo de Tilapia.

<b>Sema na</b>	<b>Poblaci ón</b>	<b>Sobre vivenc ia</b>	<b>Pes o pro m.</b>	<b>Bioma sa</b>	<b>% en Peso</b>	<b>Alimen to día</b>	<b>Alimen to Seman a</b>	<b>F.C. A</b>
1	12	100	79	948.0	4.3	40.76	285.35	0.30
2	12	100	85	1020.0	3.8	38.76	271.32	0.55
3	11	95	101	1151.4	3.2	36.84	257.91	0.22
4	11	95	112	1276.8	2.8	35.75	250.25	0.40
5	11	95	125	1425.0	2.7	38.48	269.33	0.55
6	11	90	129	1393.2	2.6	36.22	253.56	0.74
7	11	90	138	1490.4	2.5	37.26	223.56	0.84
8	11	90	142	1533.6	2.4	36.81	220.84	0.96