

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA

UNAN- LEON

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

INGENIERIA ACUÍCOLA



Tesis para optar al título de Ingeniero Acuícola.

Comparación del efecto de dos dietas alimenticias comerciales (con flóculo vs. Sin flóculo) sobre el crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones experimentales.

Autores:

Br. Luis Eduardo Castillo Reyes.

Br. Julia Suyen Rivers Carrasco.

León, Noviembre 2014

“A la libertad por la Universidad”

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA

UNAN- LEON

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA

INGENIERIA ACUÍCOLA



Tesis para optar al título de Ingeniero Acuícola.

Comparación del efecto de dos dietas alimenticias comerciales (con flóculo vs. Sin flóculo) sobre el crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones experimentales.

Autores:

Br. Luis Eduardo Castillo Reyes.

Br. Julia Suyen Rivers Carrasco.

Tutor:

Dr. Evenor Martínez Gonzáles.

Asesor.

Ing. Alvaro Barreto Altamirano.

León, Noviembre 2014

“A la libertad por la Universidad”

Dedicatoria

Dedico primeramente este trabajo a DIOS padre eterno por haberme permitido culminar y darme el ánimo, las fuerzas para lograr esta meta establecida en mi vida, a mis padres Sr. Alvaro José Castillo Reyes y Sra. María Ileana Reyes, ya que con mucho sacrificio siempre me apoyaron tanto económicamente y moralmente, siempre me dieron sus consejos para ser una gran persona y gracias a ellos hicieron de este sueño se hiciera realidad, a mi Esposa Katherine Arely Sáenz por su amor su comprensión y su apoyo incondicional, gracias por llegar a mi vida eres una bendición que dios me regalo, a mis compañeros por darme la oportunidad de encontrar personas como ustedes.

Luis Eduardo Castillo Reyes

Agradecimiento

A mi señor padre eterno primeramente por estar siempre presente en mi vida por darme la sabiduría el entendimiento y sobre todo las bendiciones en todo momento.

A mi familia en especial a mis padres por ser mi principal apoyo económicamente y moral

A mi compañera de tesis por su empeño con el trabajo sus consejos y su apoyo en todo momento.

Al Dr. Evenor Martínez Gonzales por ser el guía durante estos 5 años y por compartir un poco su sabiduría para formarnos como los mejores profesionales, a la Msc. Claudia Herrera sirias por su amor como segunda madre su sabiduría su paciencia para enseñarnos.

Al Ing. Alvaro Barreto ya que fue más que un profesor para mí fue un amigo un colega gracias por siempre apoyarnos y permitirnos contar con el incondicionalmente en todo momento.

Gracias a mis compañeros por permitir compartir buenos momentos y siempre estar conmigo en los buenos y malos momentos.

Luis Eduardo Castillo Reyes

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios nuestro padre por haberme permitido culminarlo y por darme la fortaleza y perseverancia para lograrlo, a mis padres Sr. Orlando José Rivers y Sra. Beatriz Carrasco Rodríguez, por ser mi máximo apoyo y todo para mí; a mis hermanos que siempre estuvieron animándome a seguir adelante, Patricia Rivers te adoro, gracias por permitirme contar contigo incondicionalmente, a mis compañeros por que no podría encontrar personas más excepcionales y finalmente pero no menos importante, quiero dedicarlo al Ingeniero Alvaro Barreto por apoyarme y por llenarme de deseos de superación, gracias por ser mi guía y una bendición en este largo camino.

Julia Suyen Rivers Carrasco

Agradecimiento.

A mi señor primero que todo por estar a mi lado en todo momento, por darme la sabiduría, fortaleza en los momentos duros y por darme tantas bendiciones.

A mi familia sobre todo a mis padres por ser mi mayor apoyo económico y moral y por el amor que me dan.

A mi compañero de tesis, y a su familia por haberme acogido calurosamente durante los largos días de trabajo que tuvimos para culminar nuestra tesis.

Al Dr. Evenor Martínez Gonzales por ser como un padre para mí durante estos 5 años y por compartir con nosotros un poquito de su sabiduría para hacernos mejores profesionales, a la Msc. Claudia Herrera por su paciencia para con nosotros.

Al Ing. Alvaro Barreto por siempre apoyarnos y permitirnos contar con él en todo momento.

Gracias a mis compañeros por llegar a mi vida, formar parte de ella y siempre estar conmigo en los buenos y no tan buenos momentos.

Julia Suyen Rivers Carrasco

Índice

| | |
|---|----|
| I -INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II.- OBJETIVOS | 3 |
| III.- HIPÓTESIS | 4 |
| IV.- LITERATURA REVISADA | 5 |
| 4.1. BIOLOGÍA DE LA TILAPIA..... | 5 |
| 4.1.2 CICLO BIOLÓGICO DE LA TILAPIA | 5 |
| 4.1.4 CICLO DE VIDA..... | 2 |
| 4.1.5 MORFOLOGÍA EXTERNA..... | 3 |
| 4.1.6 ANATOMÍA | 4 |
| 4.1.7 Hábitos alimenticios..... | 4 |
| 4.2 ALGAS..... | 5 |
| 4.2.1 Algas diatomeas..... | 6 |
| 4.2.2 Bloom de algas..... | 6 |
| 4.2.3 Bacteria..... | 7 |
| 4.2.4 Que es el flóculo..... | 8 |
| 4.2.6 CALIDAD DEL AGUA PARA LAS TILAPIAS..... | 13 |
| 4.2.7 FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS..... | 14 |
| 4.2.8 TEMPERATURA | 14 |
| 4.2.9 OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA | 14 |
| 4.2.9 PH DEL AGUA..... | 15 |
| 4.3 CULTIVO DE TILAPIA..... | 15 |
| 4.3.1 Tipos de cultivo..... | 15 |
| 4.3.1.1 Cultivo en estanques rústicos:..... | 15 |
| 4.3.1.2 Cultivo en corrales y jaulas flotantes: | 16 |
| 4.3.1.3 Cultivo de alta densidad en tanques..... | 16 |
| 4.3.1.4 Cultivo en canales de flujo rápido..... | 17 |
| 4.3.1.5 Policultivos..... | 17 |
| 4.4 TIPO Y TAMAÑO DE JAULAS..... | 17 |
| 4.4.1 Requerimientos esenciales para el cultivo de Tilapia en jaulas: | 18 |
| 4.4.2 Técnicas de Cultivo en jaulas: | 18 |
| 4.4.3 Aclimatación y siembra..... | 19 |
| 4.4.4. Fertilización..... | 19 |
| 4.5.1 Tipos de alimento y cálculo de raciones | 20 |
| 4.5.2 FORMAS DE ALIMENTAR..... | 21 |

| | |
|---|----|
| 4.5.1 Alimentación en un solo sitio | 21 |
| 4.5.2 Alimentación en "L". (Dos orillas del estanque): | 22 |
| 4.5.3 Alimentación periférica:..... | 22 |
| 4.5.4 Alimentadores automáticos:..... | 22 |
| 4.5 Incremento diario de alimento..... | 23 |
| 4.6 RITMO DE CRECIMIENTO..... | 24 |
| 4.6.1 Sobrevivencia. | 25 |
| 4.6.2 Rendimiento productivo. | 25 |
| V.- MATERIALES Y METODOS..... | 27 |
| 5.1 LOCALIZACIÓN DE DONDE SE REALIZÓ EL EXPERIMENTO. | 27 |
| 5.2.- FLUJO DE AGUA DEL SISTEMA..... | 27 |
| 5.3.- SISTEMA DE AIREACIÓN. | 28 |
| 5.4.- DISPOSITIVO EXPERIMENTAL..... | 28 |
| 5.5.- FACTORES FÍSICO QUÍMICOS..... | 28 |
| 5.5.1.- Oxígeno Disuelto | 28 |
| 5.5.2.- Temperatura | 29 |
| 5.5.3.- pH..... | 29 |
| 5.6.- CREACIÓN DE CONDICIONES ÓPTIMAS PARA EL CRECIMIENTO DE LOS FLÓCULOS | 29 |
| 5.7 PARÁMETROS POBLACIONALES | 31 |
| 5.7.1 Crecimiento acumulado | 31 |
| 5.7.2 Ritmo de crecimiento | 32 |
| 5.7.3 Tasa de crecimiento (T.C) | 32 |
| 5.7.8 Rendimiento productivo. (R.P)..... | 32 |
| 5.7.9 Sobrevivencia | 32 |
| VI. – RESULTADOS Y DISCUSIÓN. | 34 |
| 6.1 FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS | 34 |
| 6.1.2 Oxígeno Disuelto. | 34 |
| 6.1.3 Temperatura. | 35 |
| 6.1.4 pH. | 36 |
| 6.2 Parámetros Poblacionales | 37 |
| 6.2.1 Peso Acumulado..... | 37 |
| 6.2.2 Ritmo de Crecimiento. | 39 |
| 6.2.3 Tasa de crecimiento..... | 40 |
| 6.2.4 Factor de conversión alimenticia..... | 41 |
| 6.2.5 Sobrevivencia. | 42 |
| 6.2.6 Rendimiento Productivo..... | 43 |
| 6.2.7 Flóculo. | 44 |
| VII. CONCLUSIONES | 45 |

| | |
|-------------------------|----|
| IX. – BIBLIOGRAFÍA..... | 47 |
| X. - ANEXOS..... | 53 |

Resumen

En nuestro trabajo utilizamos la implementación de estrategias eficaces, para la utilización de recursos lo cual es de primera necesidad para los productores, sobre todo en las que se disminuyan costos y causen un menor impacto ambiental; para cumplir con este objetivo se desarrolla el cultivo bajo el sistema de flóculos. La utilización de flóculos agrega al sistema de cultivo una mayor eficacia en la utilización del alimento ya que se recircula lo que no es consumido y los desechos metabólicos se convierten en alimento con alta cantidad de proteína y mejor digestibilidad, se utiliza menor cantidad de agua por ser un sistema cerrado de cero recambio de agua, tiene mejor control de la bioseguridad y minimiza los efectos ambientales sobre la utilización del agua y su descarga. Como objetivo general esperamos determinar cuál de dos dietas alimenticias comerciales: (con floculo vs otro sin floculo), presenta mejores resultados en el crecimiento de tilapia en condiciones experimentales. El experimento se desarrolló en la comarca La Leona, en la Granja Integral de policultivo “La Esperanza”. Que se ubica a 9 km de la Ciudad de León este trabajo consto de dos tratamientos, alimento comercial (con floculo vs sin floculo) con tres repeticiones cada uno. En total se trabajó con 6 recipientes plástico con capacidad de 200 litros de agua, para los cuales se tuvieron 3 recipientes dispuestas para cada tratamiento. Se aplicó alimento comercial con floculo en el tratamiento 1 y en el tratamiento 2 se aplicó alimento comercial. Cada recipiente plástico fue sembrado con una cantidad de 6 peces/m², con pesos promedio de 5.1 gr para el tratamiento 1 y 5.5 gr para el tratamiento 2, los cuales estuvieron por estudio durante 25 días.

I -INTRODUCCIÓN.

La Acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre, para incrementar la posibilidad de alimento y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos. La Acuicultura como actividad multidisciplinaria, constituye una empresa productiva que utiliza los conocimientos sobre Biología, Ingeniería y Ecología, para ayudar a resolver el problema nutricional y según la clase de organismos que se cultivan, se han dividido en varios tipos, siendo uno de los más desarrollados la Piscicultura o cultivos de peces y dentro de este, el pez más utilizado a nivel mundial es la Tilapia.

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una especie de gran oferta y demanda en muchos países de Latino América, su consumo es el más alto entre las especies de agua dulce. Las tilapias se adaptan fácilmente a las condiciones de los diversos cuerpos de agua en que han sido introducidos, tales como arroyos, ríos, lagos, lagunas, presas, estanques, estuarios e incluso hábitat marinos. Aceptan con facilidad diferentes tipos de alimento, tanto los producidos naturalmente como los alimentos artificiales (derivados de subproductos agrícolas).Cantor 2007.

El consumo aparente de peces per cápita a nivel mundial se estimó que para el 2012 fue de 19.2 kg y se predice para el 2025 sea de 25 kilogramos y de 30-40 kg para 2050; el incremento de captura por pesquería desde 1970 solamente ha incrementado un 2.8% anual sin embargo en el mismo periodo en términos de acuicultura ha tenido un incremento de 8.9%, siendo este una de las principales fuentes de proteína de calidad para creciente población mundial según FAO, 2014.

Para satisfacer esta creciente demanda la vía más confiable será a través de la acuicultura, teniendo en cuenta que deben desarrollar mayor producción de peces sin incrementar significativamente el uso recursos naturales de agua y tierra; un sistema de cultivo que no dañe el ambiente con un soporte económico y social sustentable.

El cultivo de Tilapia en Nicaragua tiene potencial para el desarrollo de acuicultura en agua dulce, sin embargo el desarrollo de la industria no está a las escalas de sus países vecinos, como Costa Rica y Honduras. (Neira, & Engle, 2003).

En Nicaragua se está empezando a desarrollar el cultivo de tilapia **Oreochromis niloticus** y uno de los principales costos en la producción es la alimentación. Por lo tanto la implementación de estrategias eficaces en la utilización de recursos es de primera necesidad para los productores en las que disminuyan costos y menor impacto ambiental para cumplir con este objetivo se desarrolla el cultivo bajo el sistema de flóculos.

El utilizar floculo en un sistema de cultivo trae enormes beneficios ya que el alimento que no es consumido recircula y los desechos metabólicos por la generación de microorganismos que se convierten en alimento con alta cantidad de proteína y mejor digestibilidad, se utiliza menor cantidad de agua por ende esto ayuda a preservar los recursos hídricos y a disminuir el impacto ambiental.

Los resultados de esta investigación proporcionaran información a los interesados en los cultivos de tilapia y en los complementos que pueden ser utilizados para proveer una mejor estrategia de alimentación y de mejores resultados en crecimiento.

II.- OBJETIVOS

General.

Determinar cuál de dos dietas alimenticias: uno comercial sin floculo vs otro comercial con floculo presenta mejores resultados en el crecimiento de tilapia **Oreochromis niloticus** en condiciones experimentales.

Específicos.

1. Verificar que los factores físico – químicos: Oxígeno Disuelto, Temperatura y pH, no presenten diferencias significativas dentro del tratamiento y entre tratamiento en las aguas donde crecen las tilapia (**Oreochromis niloticus**) en este experimento.
2. Determinar el crecimiento acumulado, ritmo de crecimiento y tasa de crecimiento de las tilapias **Oreochromis niloticus** cultivadas en sistemas intensivos con alimento comercial vs alimento comercial y flóculos.
3. Comparar el rendimiento productivo, sobrevivencia y Factor de Conversión Alimenticia de las tilapias **Oreochromis niloticus** utilizando alimento comercial vs alimento comercial con flóculos.
4. Evaluar las condiciones óptimas para el crecimiento de los flóculos que serán utilizados en el cultivo de la tilapia **Oreochromis niloticus**

III.- HIPÓTESIS

Ho: El alimento comercial de tilapia (*Oreochromis niloticus*) brinda un crecimiento igual que el alimento comercial más flóculo.

Hi: El alimento comercial de tilapia con flóculo, brinda un crecimiento diferente que el alimento comercial.

IV.- LITERATURA REVISADA

4.1. Biología de la tilapia.

Las tilapias se adaptan fácilmente a las condiciones de los diversos cuerpos de agua en que han sido introducidos, tales como arroyos, ríos, lagos, lagunas, presas, estanques, estuarios e incluso hábitat marinos. Aceptan con facilidad diferentes tipos de alimento, tanto los producidos naturalmente como los alimentos artificiales (derivados de subproductos agrícolas) (Guerrero 1997).

Tabla No 1. Clasificación taxonómica de la tilapia.

| | |
|---------------------------------|------------------------------|
| <i>Phyllum: Vertebrata</i> | <i>Orden: Perciformes</i> |
| <i>Sub Phyllum: Graneata</i> | <i>Suborden: Percoidei</i> |
| <i>Súper clase: Gnostomata</i> | <i>Familia: Cichlidae</i> |
| <i>Serie: Piscis</i> | <i>Género: Oreochromis</i> |
| <i>Clase: Teleostomi</i> | <i>Especie: O. Niloticus</i> |
| <i>Subclase: Actinopterygii</i> | |

Cantor., 2007

4.1.2 Ciclo biológico de la tilapia

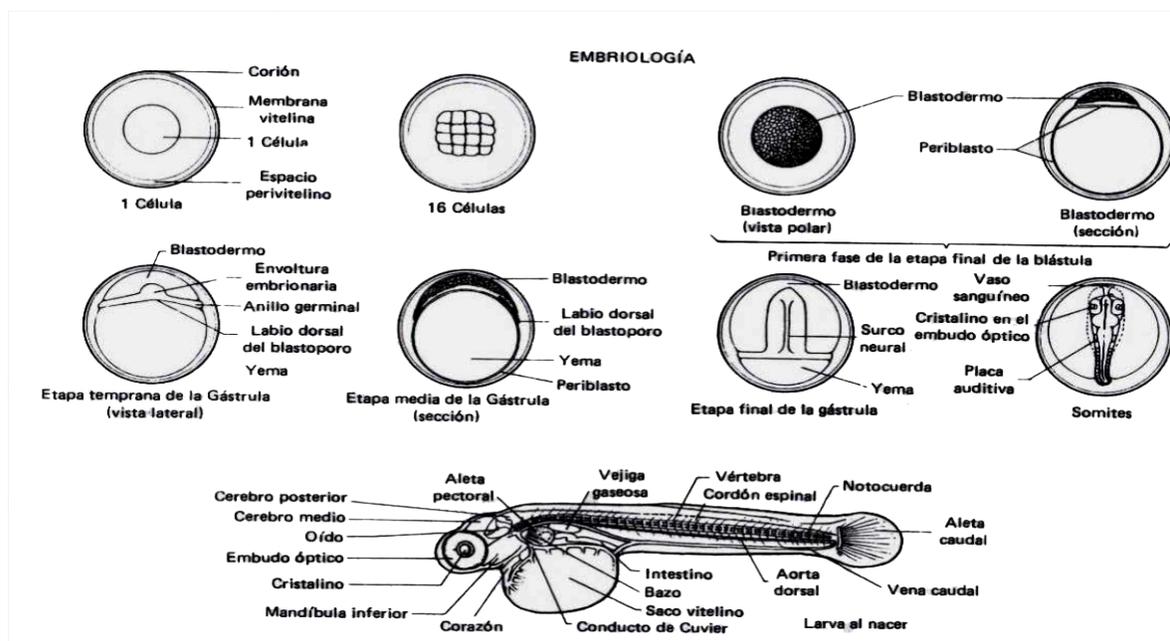
El ciclo biológico tiene su inicio a partir del apareamiento de los reproductores en donde la hembra deposita los huevos en el nido que el macho ha construido con su boca, recogiendo la arena del centro y colocándolo alrededor, luego el macho fecunda los huevos arrojando el esperma por encima de estos, luego de éste proceso la hembra toma los huevecillos en su boca, donde quedan adheridos en su mucosa bucal para ser incubados. El tamaño de estos huevos varía entre 2 mm y 4 mm, así como el número, dependen del tamaño de la hembra (peso). (Tabla 1)

4.1.4 Ciclo de vida.

El ciclo de vida de la tilapia comprende solo 4 etapas básicas, a saber:

- Desarrollo embrionario

Cuando se lleva a cabo la fecundación, a medida que avanza la división celular las células comienzan a envolver el vitelo hasta rodearlo completamente, dejando en el extremo una abertura que más tarde se cierra. Posteriormente, una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio perivitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente (Morales et al, 1998).



Morales et al, 1998.

Figura 1. Desarrollo embrionario de la tilapia (*Oreochromis niloticus*)

- Alevín

Es la etapa del desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, el alevín (pez pequeño), se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm, y posee un saco vitelino en el vientre. Posteriormente a esta talla se le considera cría.

- Cría

Se les llama cría cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, y han alcanzado una talla de 3 a 5 cm de longitud.

- Juvenil

Son peces con una talla que varía entre 7 y 10 cm, la cual alcanzan a los 2 meses de edad.

- Adulto

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

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

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

Arredondo & cols., 1994

4.1.5 Morfología externa.

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 y discoidal, raramente alargado.

La boca es protractil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Para su locomoción poseen aletas pares e impares.

Las aletas pares las constituyen las pectorales y las ventrales; las impares están constituidas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta. La aleta caudal es redonda, trunca y raramente cortada, como en todos los peces, esta aleta le sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación y al lanzarse en el agua. (Anónimo, 2001)

4.1.6 Anatomía

Guerrero, 1997 señala que los machos de tilapia presentan una coloración azul brillante en la cabeza, extendiéndose al cuerpo en un azul gris pálido metálico. Como característica distintiva, en las aletas presenta una coloración rojiza muy tenue y al igual que en la aleta dorsal y caudal respectivamente, con peso máximo hasta 700 gr. de 7 meses de edad.

Las hembras tienen una similitud en la coloración con los machos excepto el tamaño a los 7 meses pueden pesar 450 gr, todo va depender de la alimentación, en el caso de las hembras dirigen el gasto de energía a la producción de huevos y no a engordar, debido a esto es que se utilizan machos en el cultivo, ya que estos son idóneos para la engorda.

4.1.7 Hábitos alimenticios

El género *Oreochromis* se clasifica como Omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton.

Las tilapias son peces provistos de branqui-espaldas con los cuales los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de absorción en el intestino, el cual mide de 7 a 10 veces más que la longitud del cuerpo del pez.

Para el cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente. (Bairagi 2002).

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

4.2 Algas.

Constituyen la producción primaria en la cadena alimenticia acuática, en el medio marino sostienen la producción de unos cien millones de toneladas al año de pesquerías marinas y de una parte importante de la producción acuícola. A pesar de su gran importancia para nuestro planeta la explotación de estos organismos no ha ido más allá de contados casos a lo largo de la historia. En la década de los 50 fueron consideradas como una alternativa de proteínas de incuestionable valor, capaz de reemplazar o complementar a los cultivos tradicionales. (Bairagi 2002).

Entre los estudios realizados cabe destacar el diseño y desarrollo de técnicas de cultivo a gran escala para la producción de microalgas destinadas a consumo en

alimentación humana, así como la elaboración de dietas para la acuicultura, ya que estos organismos son esenciales en las primeras fases de desarrollo de la mayoría de las especies que se crían con esta técnica. Las algas tiene la capacidad de asimilar energía lumínica y absorber los nutrientes del agua y por medio de la fotosíntesis producir biomasa y oxígeno (Boyd, 2002)

4.2.1 Algas diatomeas.

Las microalgas corresponden al primer eslabón en la cadena trófica de los océanos por ser organismos foto autótrofos obligados, es decir, requieren de la energía proveniente de la luz para realizar sus procesos biológicos. En tal sentido, al simular (o mejorar si es posible) las condiciones naturales (o ideales) donde crecen es posible realizar su cultivo en condiciones semi-controladas o controladas totalmente, para lograr de esta forma obtener de ellas una biomasa tal que permita usarlas como alimento para organismos pertenecientes al siguiente eslabón trófico: los herbívoros, los cuales generalmente corresponden a invertebrados marinos. También, algunas microalgas, tales como *Spirulina*, *Dunaliella*, *Haematococcus*, entre otras, pueden ser cultivadas como alimento o suplemento alimenticio para humanos y animales superiores o para la obtención de productos químicos específicos.

Dentro del grupo de las microalgas algunas son ampliamente utilizadas en acuicultura por sus excelentes características, tales como tamaño adecuado, contenidos proteicos y lipídico (perfil de ácidos grasos), contenido de vitaminas y pigmentos. Las comunidades de diatomeas son una herramienta recurrente usada para la vigilancia de las condiciones medio ambientales, pasadas y presentes, son también usadas para el estudio de la calidad del agua.

4.2.2 Bloom de algas.

En una situación de exceso de nutrientes y de temperatura favorable, estos organismos pueden multiplicarse rápidamente formando lo que se suele llamar

floreCIMIENTO (o "Bloom", la palabra inglesa más usada). En esta situación, el agua se vuelve de color verdoso, pero rápidamente (1-2 días, dependiendo de la temperatura) se vuelve color marrón, cuando el plancton agota los nutrientes y comienza a morir. A esa altura, la descomposición más o menos rápida de los organismos muertos puede llevar al agotamiento del oxígeno en el agua y, como consecuencia, a la muerte masiva de camarones, peces y otros organismos.

Esta situación puede ser natural en el caso de un afloramiento intenso, pero puede también ser debida a una situación de fertilización causada por el depósito en exceso de nutrientes en el agua. En este caso, se dice que la masa de agua se encuentra eutrofizada. En el agua dulce, cuando esta situación se vuelve crónica, el agua puede permanecer cubierta de una capa de cianobacterias.

Hay también aspectos negativos que tomar en cuenta, como aquellas especies productoras de toxinas, ej: *Microcystis* (alga azul - verdosa) nociva en algún grado para peces, crustáceos y moluscos. Otra actividad adversa es que ellas son propensas a formar afloramientos (reproducción acelerada), con el consiguiente decaimiento de la población (dye - off) y la alteración química del agua que puede ser letal para otras especies aledañas. En general, en un bloom solo participa una o un número ilimitado de especies de fitoplancton, algunos bloom pueden ser identificados por la coloración del agua causada por alta densidad de células pigmentadas. Si bien no existe un valor límite oficial, en general se considera que las algas se encuentran en un bloom cuando su concentración es del orden de cientos a miles de células por mililitro, dependiendo del brote. (Briggs 2004),

4.2.3 Bacteria

Es una célula bacteriana que se compone de una pared celular, membrana, citoplasma y ácido nucleico. La pared bacteriana aísla y protege perfectamente a la bacteria. Incluso algunas bacterias tienen una cápsula externa que las protege de los antibióticos y de los anticuerpos.

La membrana bacteriana es esencialmente idéntica a la de las células eucarióticas, aunque poseen unos entrantes en el citoplasma. (Bairagi, 2004) En

el citoplasma bacteriano las únicas estructuras existentes son los ribosomas y algunas vesículas llenas de gas. El ácido nucleico está formado por una cadena de ADN que se suele llamar cromosoma bacteriano y es de forma circular, que se diferencia eucariótica en que es más pequeño y no se asocian tan íntimamente con las proteínas. Ambos se parecen en que se componen de ADN. Este se halla condensado en una región de la bacteria llamada nucleótido o falso núcleo.

Unas bacterias son inmóviles, otras poseen minúsculos flagelos, cuyo número u distribución varían notablemente, que les permite desplazarse (Ekasari 2010). Su capacidad reproductora es enorme, pues algunas se dividen cada 20 minutos si las condiciones les son favorables, por lo que una sola bacteria puede producir ingentes cantidades de descendientes en muy pocas horas.

Se reproducen por bipartición simple, es decir, se parten en dos dividiendo equitativamente todo su contenido incluido el ADN.

4.2.4 Que es el flóculo.

Un flóculo es un grumo de materia orgánica formado por la agregación de algas y bacterias que se encuentran en suspensión.

Últimamente dentro del sector acuícola, se han desarrollado una serie de sistemas de producción para el cultivo de diversos organismos acuáticos, con los cuales se busca disminuir la utilización del agua y del espacio, aumentando considerablemente la densidad de cultivo (Timmons 2002), (Hargreaves 2006).

Los flóculos microbianos se componen de una mezcla heterogénea de microorganismos (formadores de flóculos y bacterias filamentosas), partículas, polímeros orgánicos y las células muertas y puede llegar a más de 1 mm de tamaño (Jorand *et al.*, 1995).

Bacterias producidas consumen la fuente de carbono en forma de energía y reducen la concentración de amoníaco a través de la nitrificación, mientras que los peces se alimentan de estas bacterias (El-Sayed, 1999).

El flóculo ha contribuido claramente al crecimiento y la producción de peces en los sistemas de cultivo cerrado. La calidad nutricional de flóculos es apropiado al menos para las especies de peces herbívoros y omnívoros incluyendo tilapias. (Azim y Little.2008)

Según (Ekasari *et al.* 2013), indica que la aplicación de flóculos mejora el rendimiento reproductivo de la tilapia y por lo tanto puede ser sugerido como una manera de aumentar la producción de alevines de tilapia ya que la fecundidad es mayor, lo que conduce a una producción de alevines 65% más alta de las que no fueron alimentadas con flóculos.

El Carbono y nitrógeno son elementos básicos para la síntesis celular. Proporcionar carbono orgánico (es decir, almidón) esto acelera crecimiento de bacterias heterótrofas y estimula la absorción de nitrógeno más rápidamente,

Nootonget *al.* (2011), realizo el cultivo de tilapias en flóculos utilizando como fuente de carbono almidón de tapioca (tabla 2.) resultando una alta cantidad de carbono y nitrógeno contenidos en los flóculos

De acuerdo con Emerenciano *et al.* (2012) la calidad nutricional del biofloc puede variar substancialmente de 12 a 49 y 13 a 46% de proteína cruda y lípidos, respectivamente. La misma tendencia puede ocurrir con los niveles de PUFAs (ácidos grasos poli insaturados) y HUFA (ácidos grasos), (Azim&Litle 2008, Ekasari *et al.* 2010), estas variaciones pueden ser resultado de una diferente relación C: N, intensidades de luz, salinidad y sobre todo, de la conformación de la micro biota.

Según (Ekasari *et al.* 2013), indica que la aplicación de flóculos mejora el rendimiento reproductivo tilapia y por lo tanto puede ser sugerido como una manera de aumentar la producción de alevines de tilapia ya que la fecundidad es

mayor, lo que conduce a una producción de alevines 65% más alta de las que no fueron alimentadas con flóculos.

Tabla 2. Crecimiento de tilapia en flóculos utilizando como fuente de carbono almidón de tapioca.

| Parámetro | Tratamiento control | Tratamiento con floculo |
|-------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| Peso inicial (gr) | 32.2±1.0 | 31.4±0.8 |
| Biomasa inicial(Kg/m ³) | 3.0 | 3.0 |
| Peso final (gr) | 77.8 ± 3.1 | 98.6 ± 5.8 |
| Biomasa final (Kg/m ³) | 1.56 | 8.82 ± 0.52 |
| Sobrevivencia (%) | 22 | 96 ± 3 |
| Crecimiento diario (gr/día) | 1.0 | 1.4 ± 0.02 |

Fuente: (Nootong *et al.* 2011)

La presencia de asociación microbiana abre un número de medios para controlar la calidad del agua y para optimizar la utilización del alimento. A diferencia de las algas, la población microbiana es muy estable y activa independiente de las condiciones de luz. El metabolismo de los residuos orgánicos en estanques de gran densidad de población, con aireación y mezcla en su columna de agua, es rápida. (Avnimelech, 2006). Por cada cm³ de flóculos asentado contiene alrededor de 14 mg flóculos peso seco. Una lectura relativamente baja de 5 ml/L de flóculo es equivalente a una cantidad de 700 kg de materia seca por hectárea. Esta es una fuente de alimento potencial muy significativo, en comparación con la cantidad de alimento en los estanques. (Avnimelech, 2007).

Se ha comparado el desarrollo del cultivo de tilapia bajo dos sistemas: El sistemas de recirculación (o RAS por sus siglas en inglés; recirculating aquaculture system) y el cultivo con flóculos bacterianos y según Luo *et al.* (2014) la tilapia prospera en ambos ambientes; Sin embargo, el cultivo en flóculo es superior a los peces cultivados en sistemas de recirculación, y hay mortalidad en cultivo de flóculo

(tabla 3). El contenido de proteína cruda en el floculo reúne los requerimientos nutricionales de la tilapia, pero la concentración de lípidos en bruto era bastante bajo.

Tabla 3. Crecimiento de tilapia en dos sistemas de cultivo.

| Parámetro | Sistema de recirculación | Cultivo en Flóculo. |
|--------------------------------------|--------------------------|---------------------|
| Peso inicial (gr) | 24.17± 2.49 | 24.17±2.49 |
| Biomasa inicial (Kg/m ³) | 8.06 | 8.06 |
| Peso final (gr) | 138.29± 34.61 | 168.58± 40.64 |
| Biomasa final (Kg/m ³) | 36.87 | 44.95 |
| Sobrevivencia (%) | 100 | 100 |
| Tasa de crecimiento (%gr/día) | 1.9 ± 0.3 | 2.13± 0.29 |
| Factor de conversión alimenticia | 1.47 ± 0.02 | 1.20 ± 0.03 |

Fuente: (Luo *et al.* 2014)

Según Rakocy *et al.* (2008) evaluado en cuatro ensayos de producción en un tanque circular de 200 m³ estaba provisto de tilapia del Nilo sexo revertido (***Oreochromis niloticus***). Ya que el sistema de flóculos tiene facilidades en su gestión y producir altas densidades de peces, la producción de tilapia fue 37 veces más alta que los niveles típicamente obtenidos por el cultivo en estanques sin aireación (ver tabla 4).

Tabla 4. Resultados de cuatro ensayos de producción de tilapia en un sistema con flóculos de 200 m³.

| Ensayo | Densidad de siembra (#/m ³) | Peso inicial (g) | Peso final (g) | Días de cultivo (d) | Ritmo de crecimiento (g/d) | Biomasa final (kg/m ³) | FCA | Sobrevivencia (%) |
|--------|---|------------------|----------------|---------------------|----------------------------|------------------------------------|-----|-------------------|
| 1 | 20 | 214 | 912 | 175 | 4.0 | 14.4 | 2.2 | 78.9 |
| 2 | 25 | 73 | 678 | 201 | 3.0 | 13.7 | 1.9 | 81.0 |
| 3 | 25 | 70 | 707 | 182 | 3.5 | 15.3 | 1.8 | 86.0 |
| 4 | 25 | 154 | 745 | 183 | 3.2 | 18.6 | 2.0 | 99.7 |

La evaluación de los factores de riesgo y los beneficios medioambientales será un elemento importante el cultivo intensivo de tilapia, utilizando sistemas de flóculos, tiene un gran potencial en el desarrollo de la industria de la tilapia.

4.2.5 Melaza.

La melaza o miel de caña es un producto líquido y espeso derivado de la caña de azúcar, y en menor medida de la remolacha azucarera, obtenido del residuo restante en las cubas de extracción de los azúcares. Su aspecto es muy similar al de la miel aunque de color parduzco muy oscuro, prácticamente negro. El sabor es dulce, ligeramente similar al del regaliz, con un pequeño regusto amargo.

Nutricionalmente presenta un altísimo contenido en hidratos de carbono además de vitaminas del grupo B y abundantes minerales, entre los que destacan el hierro, cobre y magnesio. Su contenido de agua es bajo, se elabora mediante la cocción del jugo de la caña de azúcar hasta la evaporación parcial del agua que éste contiene, formándose un producto meloso semi cristalizado.

En acuicultura se lo utiliza como una fuente de hidratos de carbono, ayudando al incremento de la relación C: N y al desarrollo de bacterias heterotróficas. De esta forma la melaza utilizada en el arranque y preparación de las piscinas junto a otros nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, ayuda a mejorar las condiciones de la cadena trófica en un estanque.

Por otro lado, con relación a la fertilización orgánica, que es con la que se puede estimular el crecimiento de las bacterias heterótrofas en el sistema acuícola, los estudios reportados con el uso de melaza indican que esta influye sobre la calidad del agua reduciendo las concentraciones de amonio generándose una mejor condición para los organismos en cultivo (Burford et al, 2003).

Otra de las aplicaciones de la melaza es mantener una buena cantidad de bacterias no patógenas, restando el espacio a bacterias patógenas (vibrios), ya

que la idea es que los organismos no patógenos tienen preferencia por los azúcares como fuente de carbohidratos y por competencia excluirían a los patógenos. La explicación radica en ciertas características bioquímicas de las bacterias que constituyen el género *Vibrio*, por ejemplo; el *V.parahaemolyticus* no puede utilizar la sacarosa; mientras que otras bacterias, aparentemente menos patógenas, pueden utilizar el azúcar así como también los altos niveles de nutrientes (urea o nitrato) para su crecimiento, proliferación y competir a la vez con *V.parahaemolyticus*, por otros nutrientes disponibles y necesarios para su crecimiento

Tabla No. 5. Composición química de la melaza.

| Elemento | (%) | Elemento | (%) | Elemento | (ppm) |
|---------------------|-------|----------|------|------------|-------|
| Materia Seca | 78.00 | Magnesio | 0.35 | Colina | 600 |
| Proteínas | 3.00 | Fósforo | 0.08 | Niacina | 48.86 |
| Sacarosa | 60-63 | Potasio | 3.68 | Pantotéico | 42.90 |
| Azúcares reductores | 3-5 | Glisina | 0.10 | Piridoxina | 44.00 |
| Otros azúcares | 16.00 | Leucina | 0.01 | Pióflavina | 4.40 |
| Agua | 16.00 | Lisina | 0.01 | Tiamina | 0.88 |
| Grasas | 0.40 | Treonina | 0.06 | | |
| Cenizas | 9.00 | Valina | 0.02 | | |
| Calcio | 0.74 | | | | |

Fuente: (Téllez 2004)

4.2.6 Calidad del agua para las tilapias.

La calidad del agua está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, entre las más importantes destacan, temperatura, oxígeno, pH, transparencia, entre otras. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces. Por lo que es importante que los parámetros del agua se mantengan, dentro de los parámetros óptimos para garantizar el desarrollo de los peces. (Jiménez y Nepita, 2000).

4.2.7 Factores físico-químicos.

Los factores más importantes que rigen el crecimiento óptimo de las Tilapias y su sobrevivencia es la calidad del agua. Todas las actividades de las Tilapias están directamente relacionadas con el manejo adecuado de los parámetros hidrobiológicos, más que cualquier otra cosa.

El control rutinario de estos factores es importante para tomar decisiones referentes al manejo del cultivo, en especial a lo que respecta el recambio de agua, las estrategias de alimentación. El mismo debe ser realizado diariamente; por la mañana entre 6:00 y 8:00 horas y por la tarde entre las 13:00 y las 15:00 horas, garantizando que el control sea efectivo y que la interpretación de los resultados sea lo más preciso posible. (Villalón 1994).

4.2.8 Temperatura

Según Balarin y Haller, 1982; 1982; Philippart y Ruwet, 1982, la temperatura es uno de los factores más importantes que afecta a la fisiología, crecimiento, reproducción y el metabolismo de la tilapia. El intervalo de temperatura para el desarrollo, la reproducción y el crecimiento de la tilapia es aproximadamente 20 a 35 ° C, dependiendo de las especies de peces, con un intervalo óptimo de alrededor de 25-30 ° C. (Balarin y Haller, 1982; 1982; Philippart y Ruwet, 1982).

4.2.9 Oxígeno Disuelto en el agua

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

La tilapia es conocida por soportar niveles muy bajos de OD. La mayoría de las tilapias pueden tolerar niveles como 0.1 a 0.5 mg / l durante períodos variables de tiempo. (Tsadik y Kutty, 1987).

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

4.2.9 pH del agua

Algunos tilapias se sabe que toleran una gama muy amplia de pH del agua, según Randall et al., 1989, estos peces se ha reportado que puede tolerar un intervalo de pH de 5 a 11 para, al menos, 24 horas, pero mueren a pH <3,5 y > 12.

Wangead *et al.* 1988 citado por Abdel- Fattah y El Sayed, (2006). Estudiaron los efectos del agua ácida en la supervivencia, comportamiento y crecimiento de alevines de tilapia del Nilo (0.4-1.0 g) y adultos (de 45.4 a 46.3 g). Ellos encontraron que ambos alevines y adultos murieron a pH 2-3 plazo de 1-3 días. Sin embargo, los peces adultos eran más resistentes a pH bajo, con una sobrevivencia de 86, 100 y 100% a pH 4, 5 y 7, respectivamente, mientras que la sobrevivencia de alevines era 57, 82 y 84,5%, respectivamente, en los mismos valores de pH. Los alevines de tilapia y adultos expuestos a pH 2-3 mostraron una rápida natación y movimientos operculares, en la superficie y tragando el aire.

4.3 Cultivo de tilapia.

4.3.1 Tipos de cultivo

4.3.1.1 Cultivo en estanques rústicos:

Los estanques rústicos son excavados en tierra y poseen estructuras especiales para el llenado y vaciado de agua en forma individual. Tanto la alimentación de agua como el drenaje deberán efectuarse preferentemente por gravedad para minimizar los costos por concepto de energía y simplificar en lo posible la operación del sistema. La engorda se efectúa en estanques cuya superficie se recomienda sea mayor a 0,5 Ha (Guerrero 1997)

4.3.1.2 Cultivo en corrales y jaulas flotantes:

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

Las especies de Tilapia que se han cultivado en jaulas son las siguientes: *O. mossambicus*, *O. Nilóticos*, *O. Aureus* y *O. Hornorum*, así como sus híbridos, y *T. rendalli* en aguas dulces y *S. melanotheron* en aguas salobres.

El cultivo en jaulas se puede efectuar tanto a escala comercial como a nivel de subsistencia familiar, principalmente en zonas tropicales y subtropicales. (Guerrero 1997)

4.3.1.3 Cultivo de alta densidad en tanques.

Cuando los juveniles alcanzan 30 a 50 gr de peso son transferidos a los tanques de engorda. La superficie de los tanques varía entre 10 y 300 m² y la profundidad entre 0,5 y 2,0 m. La forma y estructura de los tanques también son muy variables. Los materiales más comúnmente empleados para su construcción son: fibra de vidrio, lámina metálica recubierta con substancias epoxicas y concreta.

Los tanques cuentan con dispositivos para permitir la circulación continua de agua (varios recambios completos de agua por hora), aireación continua (aireadores mecánicos, difusores de aire, inyección de oxígeno líquido), regulación de temperatura, filtración de agua, alimentadores automáticos o de demanda, etc.

A lo largo del período de engorda se monitorean continuamente diversos factores físico-químicos, especialmente el oxígeno disuelto y los residuos de excreción,

substancias tóxicas, presencia de parásitos, etc., bien sea manualmente o por sensores y detectores electrónicos (Guerrero 1997).

4.3.1.4 Cultivo en canales de flujo rápido.

Denominados en inglés "raceways" presenta características, problemas, ventajas y desventajas muy similares a las de cultivo en tanques. De hecho, la diferencia esencial entre ambos radica en la forma lineal de los canales, el mayor flujo, y consumo de agua y los sistemas de aireación y circulación que en los canales en el caso particular de la Tilapia, los sistemas desarrollados para el cultivo en canales de flujo rápido se realiza aprovechando la caída de agua por gravedad. (Guerrero 1997)

4.3.1.5 Policultivos.

Policultivo de diversas especies de los géneros: Tilapia, *Sarotherodon* y *Oreochromis* son utilizados para un mejor aprovechamiento de los alimentos naturales disponibles en lo estanques. (Guerrero 1997)

4.4 Tipo y Tamaño de Jaulas.

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

Cuando los embalses son poco profundos (estanques o arroyos), las jaulas se fijan sobre el fondo, pudiendo quedar el piso de la jaula en contacto con el fondo (corrales) o separado. Cuando los embalses lo permiten y/o cuando son más profundos, resulta preferible el diseño de jaulas flotantes dejando una separación mínima entre el fondo y el piso de la jaula de 1 m para evitar que los peces tengan acceso al fondo donde se acumulan los excrementos y desechos, zona normalmente pobre en oxígeno disuelto. En general se recomienda la instalación de jaulas en áreas donde la profundidad sea superior a los 5 m para reducir el

riesgo de brotes de enfermedades y/o parasitismo. El tamaño de las jaulas depende de la naturaleza del cultivo. Las jaulas para la reproducción y alevinaje suelen ser pequeñas para facilitar su manejo y tener mejor acceso a los peces en forma individual. Para la engorda, el volumen de las jaulas puede variar entre 6 a 20 m cuando la explotación se efectúa con tecnología relativamente sencilla, mientras que para explotaciones industriales tecnificadas los volúmenes de las jaulas fluctúan entre 50 y 100 m³.

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

1. Para juveniles de 15 a 30 gr: jaulas cilíndricas de 0,5 m³ hechas de malla de plástico de 4 mm, sostenidas por una estructura flotante rígida.
2. Para juveniles de 30 a 100 gr: jaulas cúbicas de 1 m³ iguales a las anteriores pero con malla de 8 mm.
3. Para engorda de peces de 100 a 300 gr: jaulas cúbicas de 20 m³ con malla de nylon (20 mm, hilo R470) o de plástico (malla 18-25 mm). (Alamillo, 2001.)

4.4.1 Requerimientos esenciales para el cultivo de Tilapia en jaulas:

- 1) Abundante circulación de agua
- 2) Protección contra objetos flotantes
- 3) Protección contra los efectos del oleaje
- 4) Adecuada calidad de agua
- 5) Accesibilidad
- 6) Seguridad
- 7) Cercanía al mercado
- 8) Profundidad mínima de 5 m

4.4.2 Técnicas de Cultivo en jaulas:

Las técnicas de cultivo en jaulas comprenden los siguientes pasos:

- 1) Producción de juveniles
- 2) Siembra
- 3) Alimentación y engorda hasta talla comercial

4) Mantenimiento y cuidado de las jaulas.

4.4.3 Aclimatación y siembra

Antes de la siembra de los peces se debe igualar la temperatura del agua de transporte y del agua donde los peces van a ser sembrados. Por lo general, esto requiere de 15 a 30 minutos. Una diferencia de temperatura no mayor a 3°C es tolerable. Durante el procedimiento de recambio del agua y aclimatación de los peces, las bolsas plásticas tienen que estar flotando sobre la superficie del agua donde estos van a ser soltados. Luego, se permiten a los peces nadar afuera de las bolsas hacia su nuevo ambiente. Por ningún motivo arroje a los peces, a su nuevo ambiente, desde cualquier altura. En esta etapa, los peces pueden ser fácilmente heridos por un manejo áspero, ya que estarán débiles debido al transporte. Por lo tanto permítale nadar tranquilos hacia la nueva agua. Si no se sigue el proceso de aclimatación, puede ocurrir una muerte masiva de los alevines, producida por un “Shock Térmico”, debido a que la temperatura de las bolsas siempre es mayor que la de los estanques receptores. (Saavedra. 2006).

4.4.4. Fertilización.

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

Todos los peces requieren proteínas, lípidos, energía, vitaminas y minerales en sus dietas para su crecimiento, reproducción y otras funciones fisiológicas. Los requerimientos varían entre especies y dentro de las especies, de acuerdo al ciclo de vida, sexo, reproducción y ambiente. El requerimiento para alcanzar este

objetivo es proveer a las tilapias la cantidad y calidad del alimento necesario por día. Conviene alimentar a los alevines de 3-4 veces al día (Alamillo, 2001).

Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente, es decir alimento entre el 28-30 % de proteína para lograr niveles adecuados de crecimiento en las tilapias en etapas del desarrollo este alimento está fabricado en partículas entre 7 y 9 mm de diámetros.

Tabla No. 6 Contenido Nutricional del alimento comercial

| | | | |
|---------------------|--------------|---------------------|---------------|
| Humedad..... | 13.0%(máx.). | Energía digestible: | 2,200kcal/kg. |
| Proteína cruda..... | 28.0%(min). | Calcio..... | 1.0%(min). |
| Grasa cruda..... | 4.5%(min). | Fósforo..... | 0.5%(max). |
| Fibra cruda..... | 5.0%(max). | Sal..... | 0.7%(min). |
| Ceniza..... | 7.0%(max). | | 0.9% (max). |

Fuente:(Alamillo, 2001)

Estos tipos de alimentos requieren grandes costos, debido a que son manufacturados y transportados de otros países, a parte que por cada ciclo de cultivo de estos organismos, requiere grandes cantidades de alimento artificial y dependiendo de los tipos de cultivos en el que se emplea

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

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

4.5.1 Tipos de alimento y cálculo de raciones

Los organismos naturales alimenticios encontrados en un estanque proveen nutrientes esenciales. En algunas ocasiones, este alimento natural no se

encuentra disponible en suficiente cantidad para proveer de adecuada nutrición para que los peces crezcan. Cuando esto sucede, los peces se deben alimentar a intervalos regulares (por ejemplo, diariamente, semanalmente, etc.), con alimentos concentrados manufacturados. Los organismos vivos son el alimento natural de la tilapia, los cuales, son producidos en el agua donde viven. Algunos ejemplos de alimentos naturales son el fitoplancton (plantas microscópicas), zooplancton (animales microscópicos) e insectos; la abundancia de estos organismos se incrementa con la fertilización.

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

4.5.2 Formas de alimentar.

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

4.5.1 Alimentación en un solo sitio: Es una de las formas menos convenientes de alimentar por la acumulación de materia orgánica en un solo lugar y la dificultad para que coma toda la población de peces que constituyen el lote, lo que hace que gran parte del alimento sea consumido solamente por los más grandes y se incremente el porcentaje de peces pequeños. Este tipo de alimentación en un solo sitio, es altamente eficiente en sistemas intensivos (300 a 500 peces m). La alimentación en una sola orilla es un sistema adecuado para animales de 1 a 50 gr, ya que no les exige una gran actividad de nado y permite realizar una alimentación homogénea y eficiente.

4.5.2 Alimentación en "L". (Dos orillas del estanque): Este sistema de alimentación es sugerido para animales de 50 a 100 gr, 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.

4.5.3 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.

4.5.4 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.

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

4.5 Incremento diario de alimento

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

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

Parámetros poblacionales

Crecimiento acumulado en peces.

El crecimiento de los peces está determinado fundamentalmente por la cantidad de alimento ingerido (energía y nutrientes) y por la temperatura del agua.

Los peces, como animales poiquiloterms son incapaces de regular su temperatura corporal, por lo que su metabolismo únicamente funciona de forma óptima dentro de un valor de temperaturas adecuadas, dentro del cual la ingestión y el crecimiento son máximos, pero disminuyen cuando la temperatura está por encima o por debajo del intervalo óptimo.

En cuanto a la cantidad de alimento, el crecimiento será máximo con una alimentación "ad-libitum" o "a saciedad", aunque el índice de conversión puede

disminuir, por lo que la tasa de alimentación óptima debe venir determinada por la eficiencia económica, considerando tanto el coste del alimento como el valor de la biomasa de los peces. (Jover 2000)

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

4.6 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 gr que aumentaron los organismos en cada semana de cultivo.

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

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

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento es necesaria para conocer la velocidad con que crecen las tilapias.

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

4.6.1 Sobrevivencia.

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

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

4.6.2 Rendimiento productivo.

El concepto de rendimiento se entiende como el peso en kg 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, 2006)

Factor de conversión alimenticia.

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= alimento entregado/ganancia de peso. Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración. (Saavedra, 2003.)

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

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

V.- MATERIALES Y METODOS

5.1 Localización de donde se realizó el experimento.

El experimento se desarrolló en la comarca La Leona, en la Granja Integral de policultivo “La Esperanza”. Que se ubica a 9 km de la Ciudad de León y se comunica por medio de una carretera pavimentada (Carretera Panamericana km 81). Las Coordenadas UTM del lugar (son 518636mE y 1364652mN).



Figura 1. Se muestra ubicación donde se realizó el experimento la Granja Integral de policultivo “La Esperanza”

5.2.- Flujo de agua del sistema

La granja integral de policultivos “La Esperanza” consta de una fuente de agua ilimitada, (Rio La Leona) que se encuentra a unos 250 metros de distancia del sitio donde se localiza el dispositivo experimental. Se extrajo el agua mediante un sistema de tuberías y fue impulsada por una bomba marca truper, de igual manera consta de un pozo de dos metros de ancho y seis metros de profundidad y con capacidad de dos metros cúbicos de agua con recambio total cada cuatro horas. El agua es impulsada por una bomba sumergible de 1 HP marca (truper) que

impulsa el agua hasta un tinaco de 2500 litros de capacidad que esta sobre una torre de acero de seis metros de altura donde el agua baja por gravedad por una tubería de tres pulgadas que se reduce para su distribución a otra tubería de dos pulgadas con la que se conecta una manguera del mismo diámetro para llenar las tinas.

5.3.- Sistema de aireación.

Este consto de un aireador modelo 1116 HP, el cual constaba con un voltaje de 110 v/60hz power de igual forma se utilizó una tubería de 2 pulgadas en las que se conectan manguerillas de $\frac{1}{4}$ con piedras difusoras, en la cual se distribuirá cuatro por tina, tratando que se obtenga la mejor oxigenación en la columna de agua ya que en uno de los tratamientos se utilizara floculo como alimento vivo.

5.4.- Dispositivo experimental

Este trabajo funciono con dos tratamientos (1. Alimento comercial con floculo, 2. Alimento comercial) con tres repeticiones cada uno. En total se trabajó con 6 recipientes plástico con capacidad de 200 litros de agua, para los cuales se tuvieron 3 recipientes dispuestos para cada tratamiento, Se aplicó alimento comercial con floculo en el tratamiento 1 y en el tratamiento 2 se aplicó alimento comercial. Cada recipiente plástico fue sembrado con una cantidad de 6 peces/m², con un peso promedio de 5.1 gr en el tratamiento 1 y 5.5 gr en el tratamiento 2.

5.5.- Factores Físico Químicos

5.5.1.- Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto se midió con ayuda de un Oxigenómetro modelo YSI-55OA. Para la calibración se tomó en cuenta que se trabajó con agua dulce por lo tanto se mantuvo calibrado para salinidad de cero. Esto se efectuó para asegurar la confiabilidad del valor registrado. Los cuales se tomaron introduciendo el electrodo del Oxigenómetro a no menos de 20cm de profundidad y se esperó a que se estabilizaran los valores y así poder registrar los datos en un formato de campo.

Las mediciones del Oxígeno Disuelto se realizaron a las 6 de la mañana y a las 6 de la tarde de todos los días durante el tiempo que duro el experimento

5.5.2.- Temperatura

Este factor fue registrado con el Oxigenómetro YSI-550A, después de tomar el oxígeno disuelto (OD). Se introdujo el sensor térmico del Oxigenómetro para determinar la temperatura del agua, estos resultados fueron anotados para llevar un control, de igual manera las mediciones fueron realizadas a las 6 de la mañana y a las 6 de la tarde durante todo el tiempo que duro el experimento.

5.5.3.- pH

El pH fue medido utilizando el pH metro (YSI 10), este instrumento presenta en la parte inferior un electrodo mediante la cual se realiza la toma de dicho factor. Para su calibración el electrodo del pH-metro debe sumergirse en una solución buffer de pH 7 y debe permanecer en esta solución por algunos minutos para que se estabilice el valor dado. Según el dato registrado se usó el tornillo de ajuste/calibración, la unidad puede ser calibrada manualmente. Para tomar el dato de nuestros recipientes experimentales introducimos el electrodo a 2 cm por debajo de la superficie del agua y así registramos en un formato de campo y analizamos posteriormente. Las mediciones del pH se realizaron a las 6 de la mañana y a las 6 de la tarde de todos los días que duro el experimento.

5.6.- Creación de condiciones óptimas para el crecimiento de los flóculos

Para la creación del floculo, utilizamos melaza como fuente de Carbono y fertilizante (fertilake) como fuente de Nitrógeno, basándonos en la proporción 10:1 de carbono-nitrógeno.

Para iniciar el floculo se realizó de la siguiente manera:

Para fertilizar en una proporción de 50 libras por hectárea con *Fertilake* (que contiene un 15 % de N) la cantidad de carbono se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cantidad de N} = \frac{50 \text{ libras} * 15}{100} = 7.5 \text{ libras de Nitrógeno}$$

Con una proporción 10:1 (C: N) se necesitaran 75 libras de Carbono.

Para el uso de melaza se ocupara:

$$\text{Cantidad de melaza} = \frac{75 * 100}{50} = 150 \text{ libras de melaza}$$

Por lo tanto para fertilizar a 50 lbs/Ha de *Fertilake* se necesitaran 150 lbs/Ha de melaza para establecer un cultivo con flóculos con esta misma proporción se utilizara 2.28 gr/m³ de *Fertilake* y 6.81 gr/m³ de melaza. Para iniciar el inoculo se puede utilizar 10 gr/L de *Fertilake* y 30 gr/L melaza.

Siendo que en nuestro experimento trabajamos con m² realizamos la siguiente conversión:

$$1 \text{ ton} \text{ ----- } 1,000 \text{ lts}$$

$$10,000 \text{ lts} \text{ ---- } 1\text{m}^3$$

$$1\text{lts} \text{ ----- } \text{ton} \quad = 0.2 \times 10 = 2 \text{ gramos de Fertilake}$$

$$200 \text{ lts} \text{ ---- } x \quad = 0.2 \times 30 = 6 \text{ gramos de Melaza.}$$

Para el mantenimiento del floculo durante el cultivo se tienen que tomar las ciertas recomendaciones para el mantenimiento de la proporción C: N que los microorganismos necesitan, ya que la entrada de alimento y excreción de amonio de los organismos son una fuente de nitrógeno constante al agua y para equilibrarlo con el carbono durante el cultivo se agregó melaza al agua. Calculando esta cantidad de melaza de la siguiente manera:

$$\Delta \text{NH}_4 = \text{Alimento} \times \% \text{ de Proteína} \times \% \text{ Nitrógeno proteína} \times \% \text{ N excreción.}$$

$$\Delta \text{CH} = \frac{\text{Alimento} \times \% \text{ de Proteína} \times \% \text{ Nitrógeno proteína} \times \% \text{ N excreción.}}{0.05}$$

Donde

ΔNH_4 : cantidad de flujo de amonio entrante al agua.

ΔCH : cantidad de fuente de carbohidratos que deben añadir.

Alimento: cantidad de alimento suministrado.

% de Proteína: el porcentaje de proteína de la dieta.

% Nitrógeno proteína: se toma que el 15.5% de la cantidad de proteína de la dieta es nitrógeno.

% N excreción: el 50% del Nitrógeno del alimento es excretado.

Siendo lo anterior para mantener el floculo aplicábamos la dosis diaria dividida en dos raciones, una aplicada por la mañana y otra por la tarde.

Tabla 5. Tabla de alimentación utilizada en la implementación del tratamiento 1 alimento comercial más flóculo y Cantidad de melaza aplicada por semana durante el experimento

| Semana | Población | Sobrevivencia % | Peso prom. | Biomasa | % en Peso | Alimento día (gr) | Alimento Semana (gr) | F.C.A | Nitrógeno | Melaza (gr) | Melaz por día (gr) |
|--------|-----------|-----------------|------------|---------|-----------|-------------------|----------------------|-------|-----------|-------------|--------------------|
| 1 | 18 | 100 | 5,10 | 91,8 | 12 | 11,0 | 77,1 | 0,84 | 1,73 | 34,5 | 4,9 |
| 2 | 15 | 83,3 | 6,5 | 97,5 | 10 | 9,8 | 68,3 | 1,5 | 1,53 | 30,6 | 4,4 |
| 3 | 15 | 83,3 | 8 | 120 | 10 | 12,0 | 84,0 | 1,3 | 1,88 | 37,6 | 5,4 |
| 4 | 12 | 66,7 | 9,9 | 118,8 | 8 | 9,5 | 66,5 | 1,3 | 1,49 | 29,8 | 4,3 |
| 5 | 12 | 66,7 | 12,2 | 146,4 | 8 | 11,71 | 81,98 | 1,0 | 1,84 | 36,7 | 5,2 |

5.7 Parámetros Poblacionales

5.7.1 Crecimiento acumulado

Los organismos fueron pesados cada cinco días, y lo hicimos de la siguiente manera: Se capturaban los organismos por repetición posteriormente se procedía al pesado utilizando una balanza gramera marca Elite con capacidad de 200gr. Los organismos eran colocados en un trapo húmedo y se depositaban en la balanza, posteriormente se anotaba la medición, luego se regresaba el pez al agua y se volvía a pesar el trapo y se anotaba el peso registrado. Por diferencia de los dos valores registrados se determinaba el peso actual del organismo. Los pesos promedio registrados de cada cinco días representaban el crecimiento acumulado

5.7.2 Ritmo de crecimiento

El ritmo de crecimiento fue calculado de la siguiente manera: El peso promedio (gr) de la semana se restaba del peso promedio de la semana anterior, este último fue el peso en gr de ganancia en una semana

$$R.C = P. a - P. b$$

R.C= Ritmo de crecimiento

P. a = Peso promedio semana actual en gramos.

P. b = Peso promedio semana anterior en gramos.

5.7.3 Tasa de crecimiento (T.C)

Los muestreos de crecimiento nos permitían conocer el comportamiento de los alevines de Tilapias, en cuanto a su desarrollo, y su respuesta a la relación alimenticia. Los muestreos eran realizados cada 5 días.

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

5.7.8 Rendimiento productivo. (R.P)

El rendimiento productivo se determina como la biomasa final obtenida. Esta fue calculada multiplicando el peso promedio en gr por el número de individuos sobrevivientes al final entre el área de cultivo en metros cuadrados; este valor es expresado en kilogramos por m² o por Ha.

$$RP = \frac{(\text{peso promedio}) (\text{número de individuos final})}{1000 * \text{Área de producción}}$$

5.7.9 Sobrevivencia

Para determinar la sobrevivencia calculamos el tamaño de la población. Se realizó mediante un conteo directo de todos los peces que había en cada repetición de experimentación al finalizar el estudio.

$$S = Nt/No * 100$$

S= Sobrevivencia

Nt= Número total de organismos

No= Numero inicial de organismos.

5.7.10 Factor de Conversión Alimenticia. (F.C.A)

El FCA depende igual que el crecimiento, de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero también depende de la ración. El FCA es calculado a través del alimento acumulado entre la biomasa obtenida.

F.C.A= alimento acumulado /Biomasa del estanque.

VI. – RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

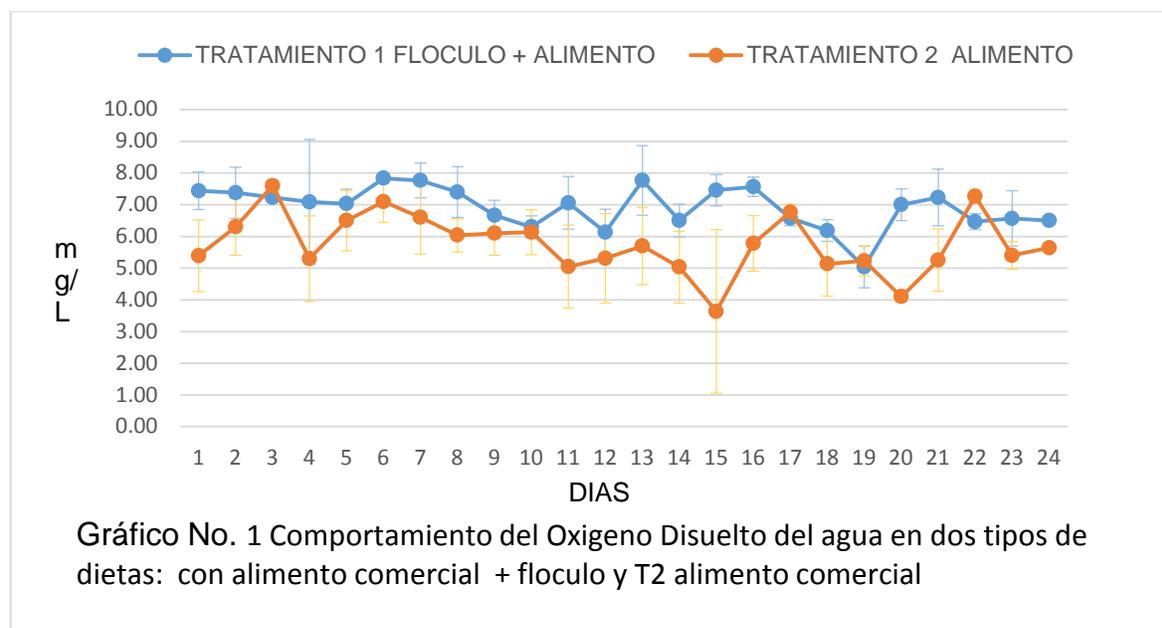
6.1 Factores Físico-químicos

6.1.2 Oxígeno Disuelto.

En el tratamiento donde se aplica alimento más floculo, se registraron valores máximos de 7.77 mg/lts y el más bajo de 3.63 mg/lts, en el segundo tratamiento, alimento comercial, se observaron valores máximos de oxígeno disuelto de 7.27 mg/lts y un valor mínimo de 3.6 mg/lts.

Según Saavedra, (2006). En lo que respecta a la tilapia en cautiverio los intervalos convenientes son valores mayores de 2-3 mg/L hasta 8 mg/L.

Los valores de Oxígeno Disuelto registrados en este trabajo se mantuvieron en los intervalos aceptables, por lo que podemos decir que influyo positivamente en los organismos de ambos tratamientos Ver gráfico No. 1

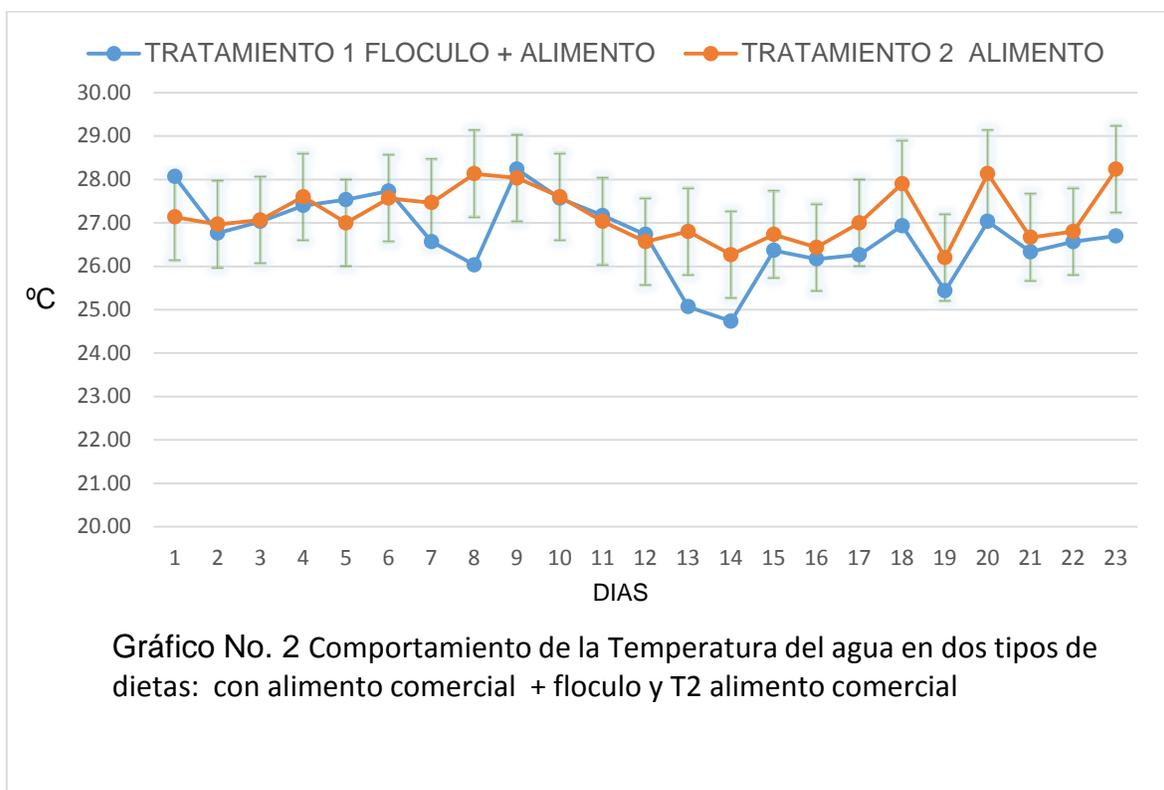


6.1.3 Temperatura.

Las temperaturas, de las aguas del cultivo del tratamiento 1 alimento comercial con floculo, los valores máximos de 28.23°C y como valor mínimo 24.73 °C. En las aguas del tratamiento 2 alimento comercial la temperatura máxima registrada fue de 28.13°C y la temperatura mínima registrada fue de 26.20 durante todo el transcurso del experimento.

Alamillo 2001, indica que la temperatura puede variar según la época del año en que se encuentre el cultivo, el intervalo óptimo para el desarrollo de las especies de tilapias es de 26-32°C

Lo antes mencionado indica que durante todo el periodo que comprendió el experimento estuvimos dentro de los rangos óptimos para el cultivo de esta especie. Ver gráfico N° 2

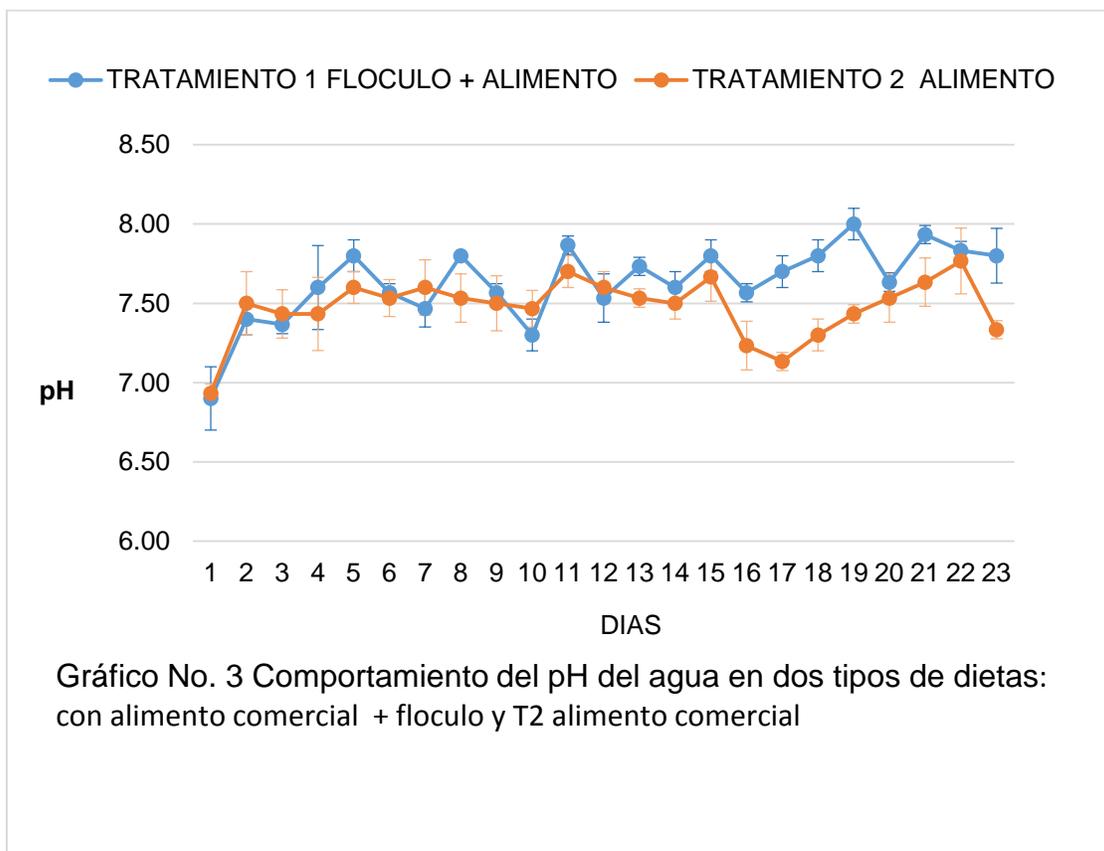


6.1.4 pH.

El pH el valor máximo que obtuvimos en el tratamiento 1 alimento comercial con flóculo fue de 8.00₀₀, y un valor mínimo de 6.90₀₀ en el tratamiento 2 alimento comercial el valor máximo registrado fue de 7.77₀₀ y mínimo de 6.93₀₀.

Anónimo, 2001 afirma que para el crecimiento de tilapias los valores óptimos oscilan entre los 6.5₀₀ - 8 ₀₀.

Según lo anterior podemos decir que en el experimento realizado los valores de pH estuvieron dentro de los valores óptimos en ambos tratamientos.



6.2 Parámetros Poblacionales

6.2.1 Peso Acumulado.

El peso acumulado de los organismos en cada uno de los tratamientos (1 Alimento comercial con floculo y 2. Alimento comercial), presentó una tendencia a aumentar, en el caso del tratamiento 1 el registro final del peso fue de 12.23 gr, en el tratamiento 2 fue de 10.57 gr. La diferencia encontrada entre estos dos valores fue de 1.70 gr.

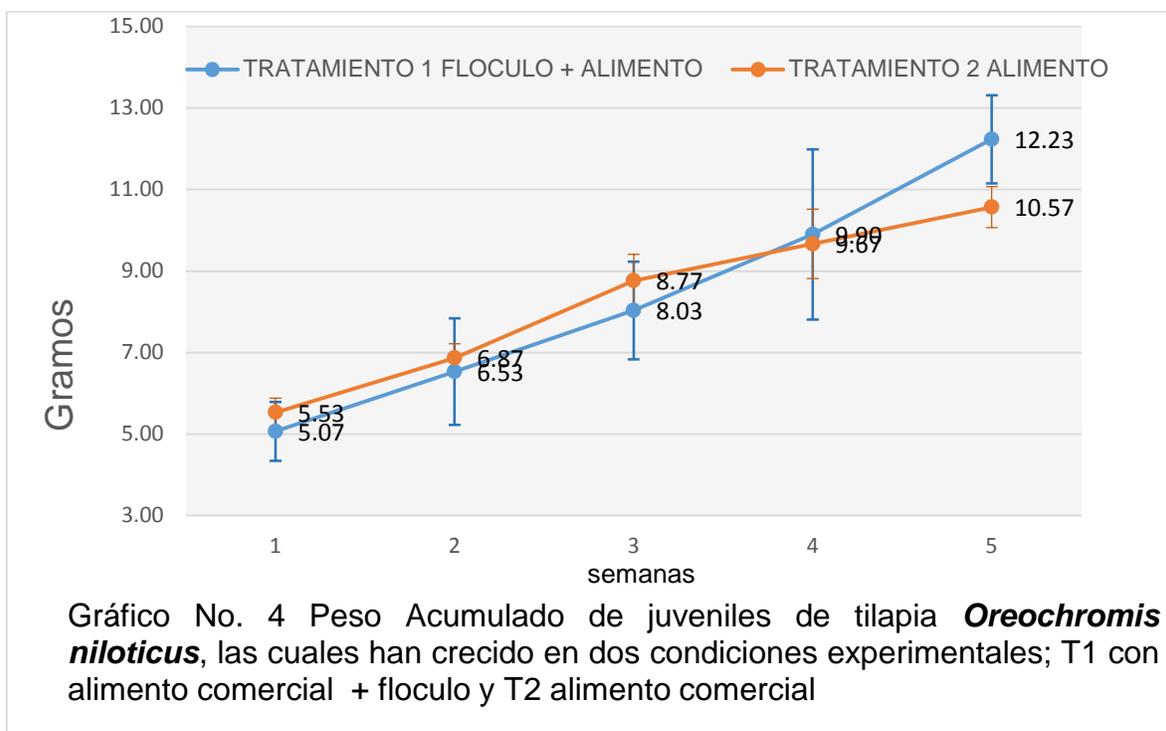
Garcés (2001) expresa que obtuvo un peso 18.1 gramos en 45 días de cultivo (un equivalente de 10.5 gramos en 25 días) para la línea de tilapia Oreochromis niloticus, en nuestro experimento obtuvimos 12.2 gramos en 25 días de cultivo.

Por lo antes expuesto, concluimos que el crecimiento acumulado fue aceptable según Garcés (2001), Entre los tratamientos se presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) válido para una sola cola y no tiene diferencias significativa para dos colas. Numéricamente fue mayor el crecimiento en tilapias alimentadas con dieta comercial más flóculo. A continuación se presenta la tabla estadística de la prueba de hipótesis

Tabla 6. Estadística de la prueba de Hipótesis.

| Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales | | |
|--|-------------|-------------|
| | TRAT 1. | TRAT 2. |
| Media | 12,19166667 | 10,52857143 |
| Varianza | 6,331742424 | 4,663736264 |
| Observaciones | 12 | 14 |
| Diferencia hipotética de las medias | 0 | |
| Grados de libertad | 22 | |
| Estadístico t | 1,792560224 | |
| P(T<=t) una cola | 0,043403296 | |
| Valor crítico de t (una cola) | 1,717144374 | |
| P(T<=t) dos colas | 0,086806593 | |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2,073873068 | |
| | | |
| | | |

Según la tabla las medias de pesos presentan diferencia en apariencia; las varianzas son distintas como se había previsto, el valor de la prueba t es 1,7925, dado que el valor p es la medida de evidencia en contra de la hipótesis nula; adoptamos la alternativa de que las medias son distintas lo que nos indica que tenemos una prueba t de una cola, la cual resulta con un valor de 1.7171, concluimos que hay suficiente evidencia en los datos ($P < 0.05$) de que las medias de pesos difieran. Es decir no rechazamos la hipótesis alternativa de que hay diferencias. Sin embargo cuando se hace el análisis de dos colas se obtuvo un valor t de 2.0738 que expresa no hay diferencias significativas.

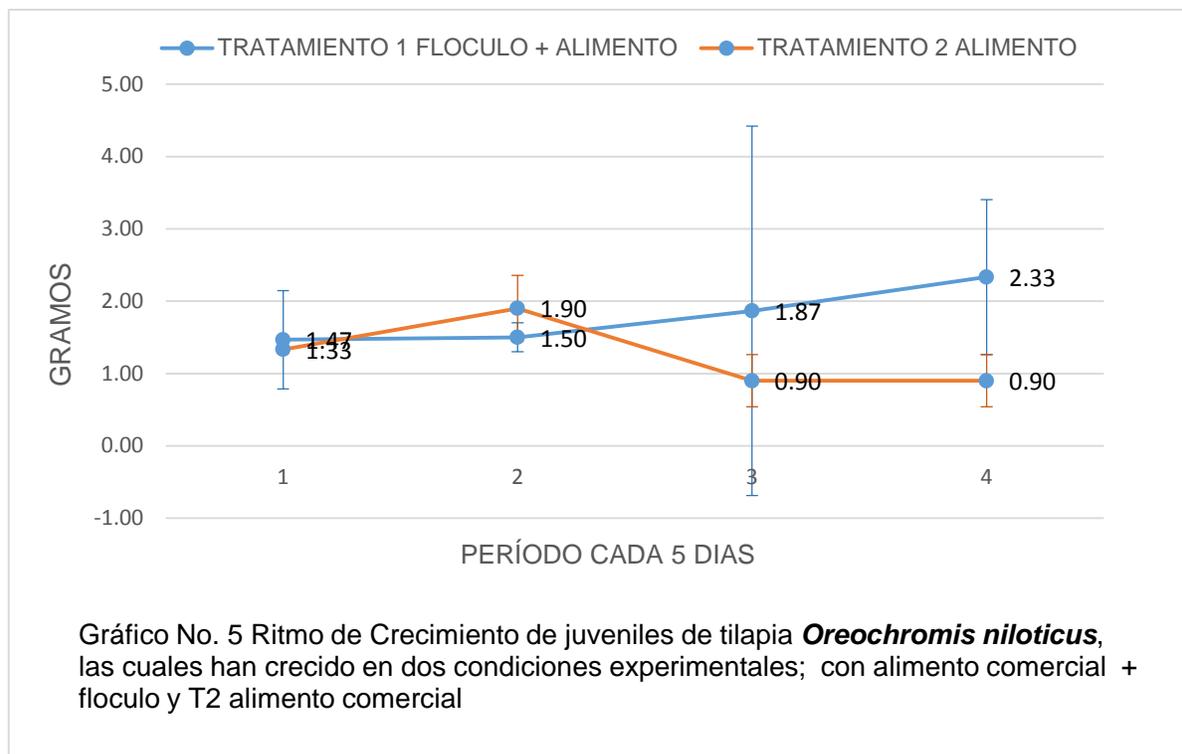


6.2.2 Ritmo de Crecimiento.

Los valores del Ritmo de Crecimiento del cultivo del alimento comercial con flóculo presentó su mayor valor en la semana 5 con un crecimiento de 2.33 gr para el tratamiento 2 alimento comercial tuvo un ritmo de crecimiento menor siendo 0.90 gr en la última semana

Según Garcés Ricardo, 2001 encontró una ganancia de peso al día (gr/pez/día) de 0.37 para la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Lo que nos indica que se dio un ritmo de crecimiento óptimo en el tratamiento 1 y un ritmo de crecimiento más lento en el tratamiento 2. Ver gráfico No 4.

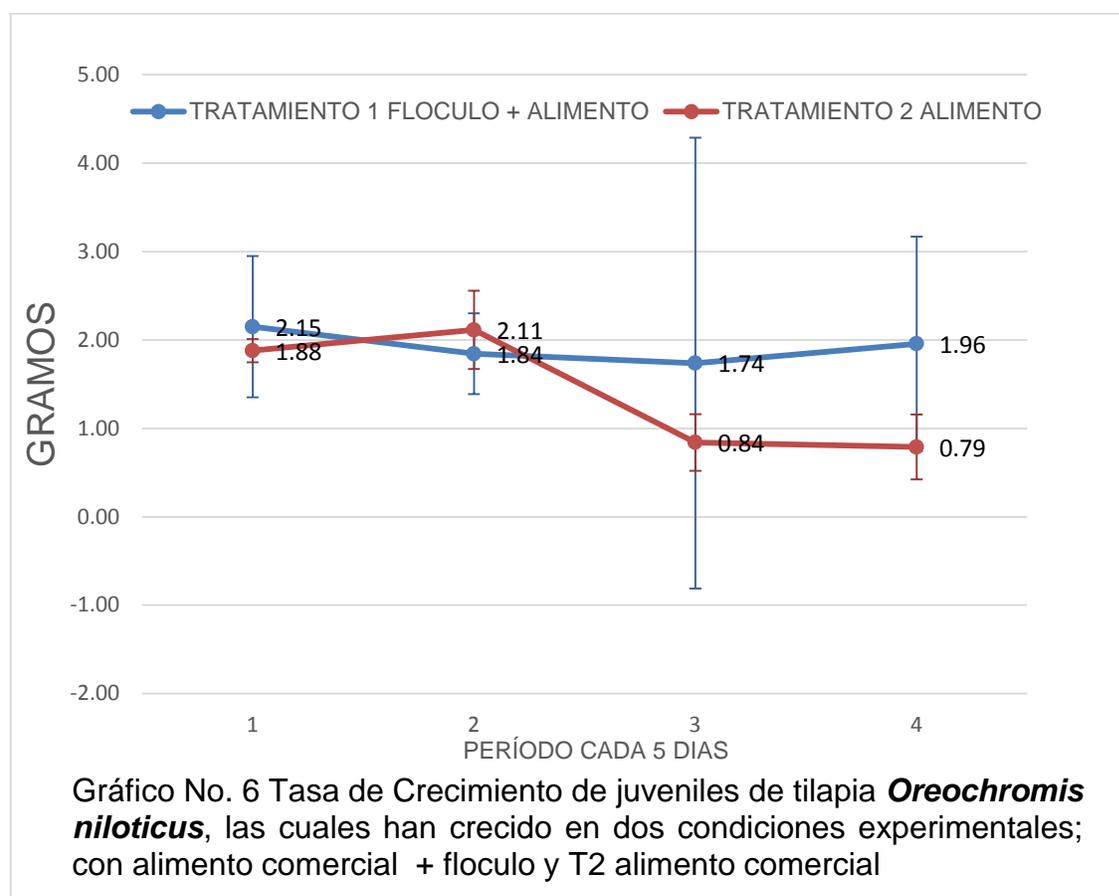


6.2.3 Tasa de crecimiento.

La tasa de crecimiento final para el sistema de cultivo con alimento comercial con floculo fue de 1.96. La tasa de crecimiento final para el sistema de cultivo con alimento comercial fue de 0.79.

García (2011) realizó un experimento donde encontró como resultados una tasa de crecimiento inicial de 5.45% gr/día y final de 0.43 % gr/día

Según los resultados expresados por el autor antes señalado, podemos decir que se encuentran en el intervalo señalado, mostrando de esta manera que la tasa de crecimiento de las tilapias fue adecuado.

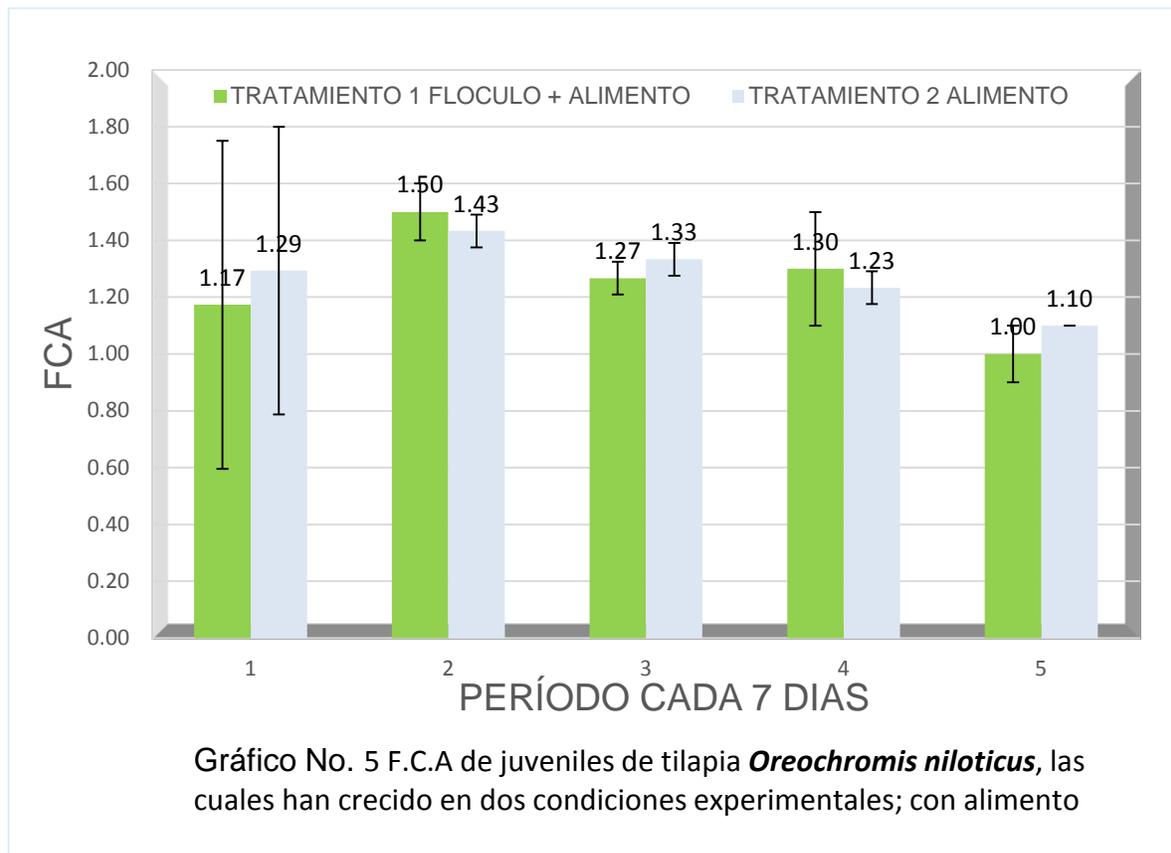


6.2.4 Factor de conversión alimenticia.

En las 5 semanas que duro el experimento, obtuvimos un FCA inicial de 1.17 alimento/kg y un final de 1.00 alimento/kg de tilapia, para el sistema de cultivo con alimento comercial más flóculo, y un FCA inicial de 1.29 alimento /kg y un final de 1.10 alimento/kg de alimento de tilapia para el tratamiento 2.

Alamillo, 2001 señala que para un sistema de cultivo de tilapia se calcula un F.C.A promedio de 1.6 a 1.9 Kg alimento/kg de tilapia.

Lo cual nos indica que al llegar la última semana del experimento se obtuvieron valores dentro del valor óptimo para el crecimiento. Ver gráfico N° 7.

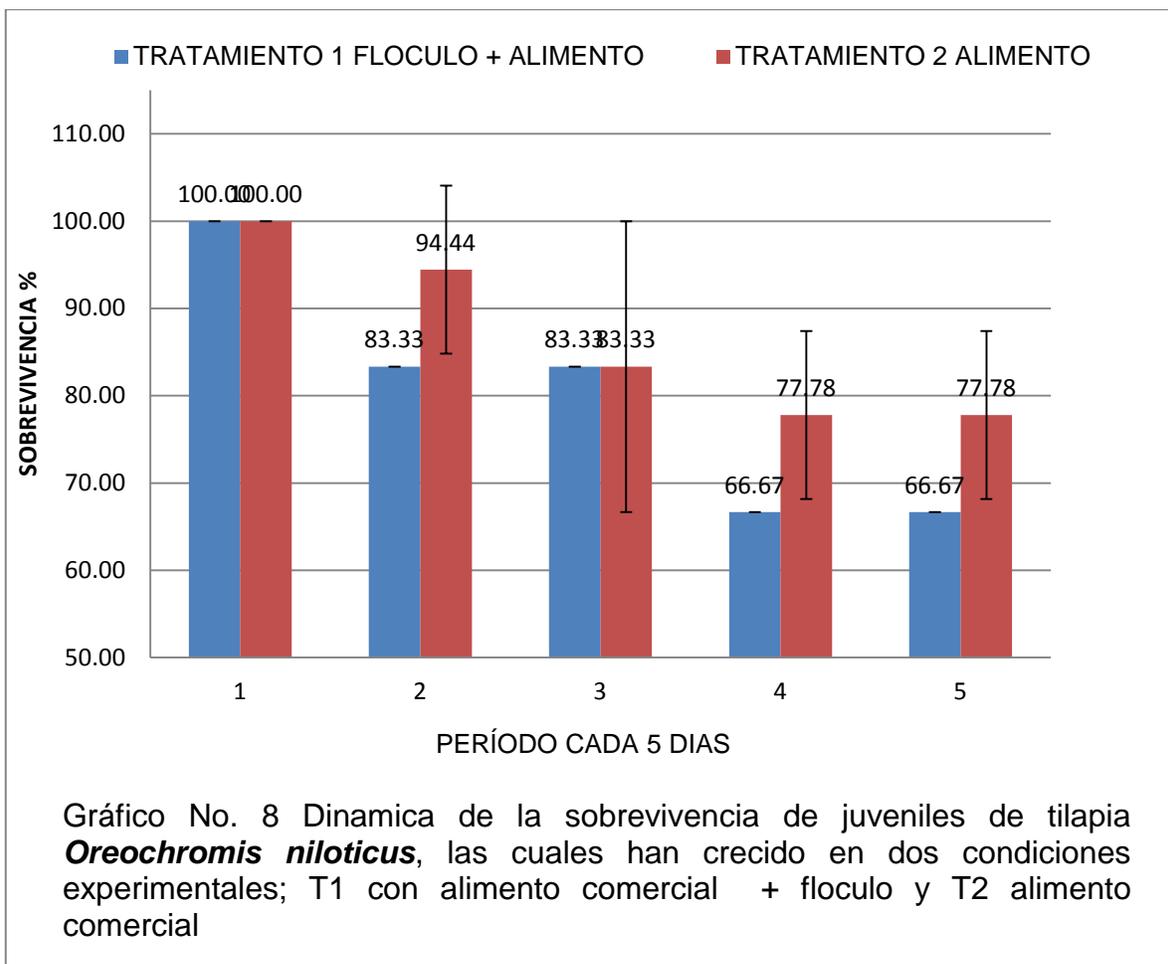


6.2.5 Supervivencia.

Se observa la supervivencia durante el experimento, donde se registró un 66% de supervivencia en el tratamiento con floculo y un 77.7 % en el tratamiento 2. Ver gráfico n° 8.

Según Popman & Green 1990 una supervivencia del 70 al 80% es aceptable en la fase de pre engorde pero Según Meyer 2007 registró en un cultivo de 56 días una supervivencia general de los peces fue de 52.7%;

Analizando nuestros resultados tuvimos en ambos tratamientos valores de supervivencia aceptables.

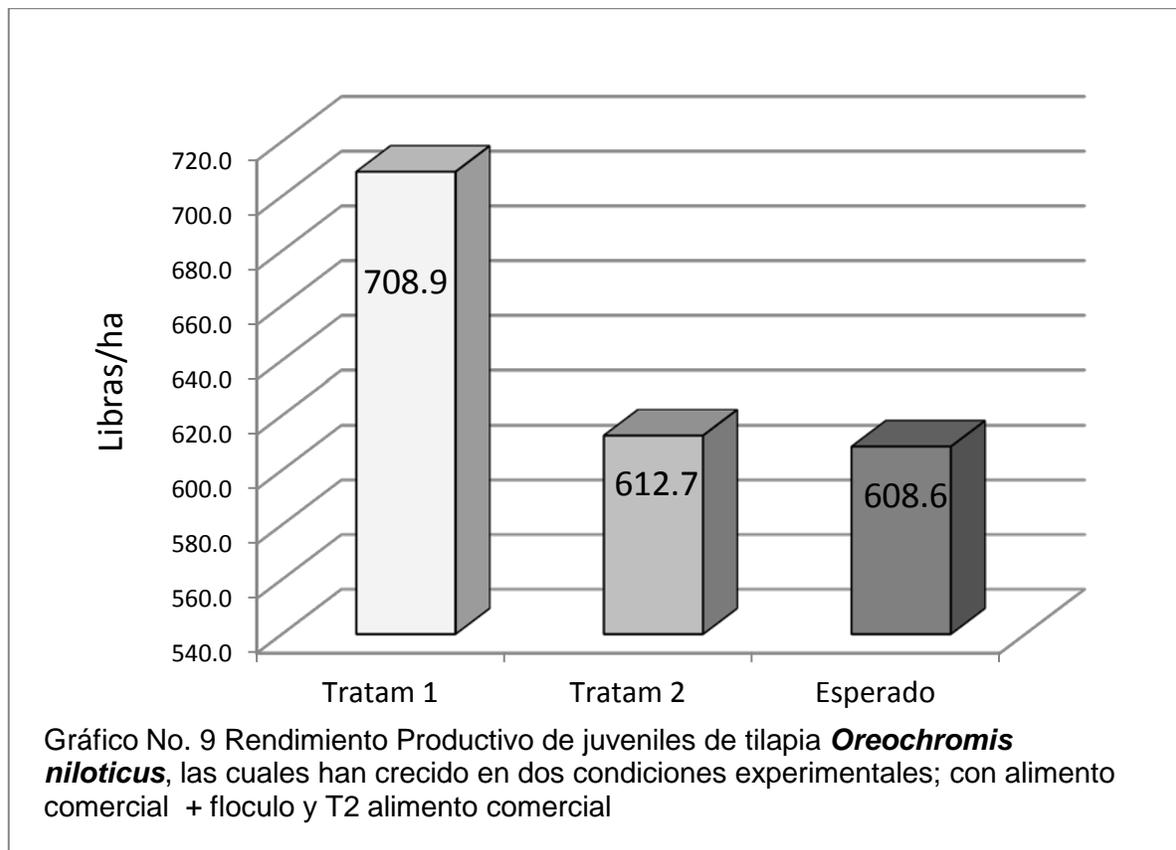


6.2.6 Rendimiento Productivo.

En el gráfico N°8 se muestra el rendimiento productivo de ambos sistemas (1. alimento comercial más floculo y 2. Alimento comercial). En el sistema con alimento comercial más floculo el rendimiento final fue de 708.9 lb/ha. Mientras que para el cultivo con alimento comercial el rendimiento final fue de 612.7 lb/ha. Y el rendimiento productivo esperado para este experimento era de 608.6 lb/ha.

Según Aguilar 2010, obtuvo un rendimiento productivo de 1.79kg/m² en producciones de alevinaje.

Los resultados muestran que hubo una diferencia muy pequeña en el rendimiento productivo entre ambos tratamientos.

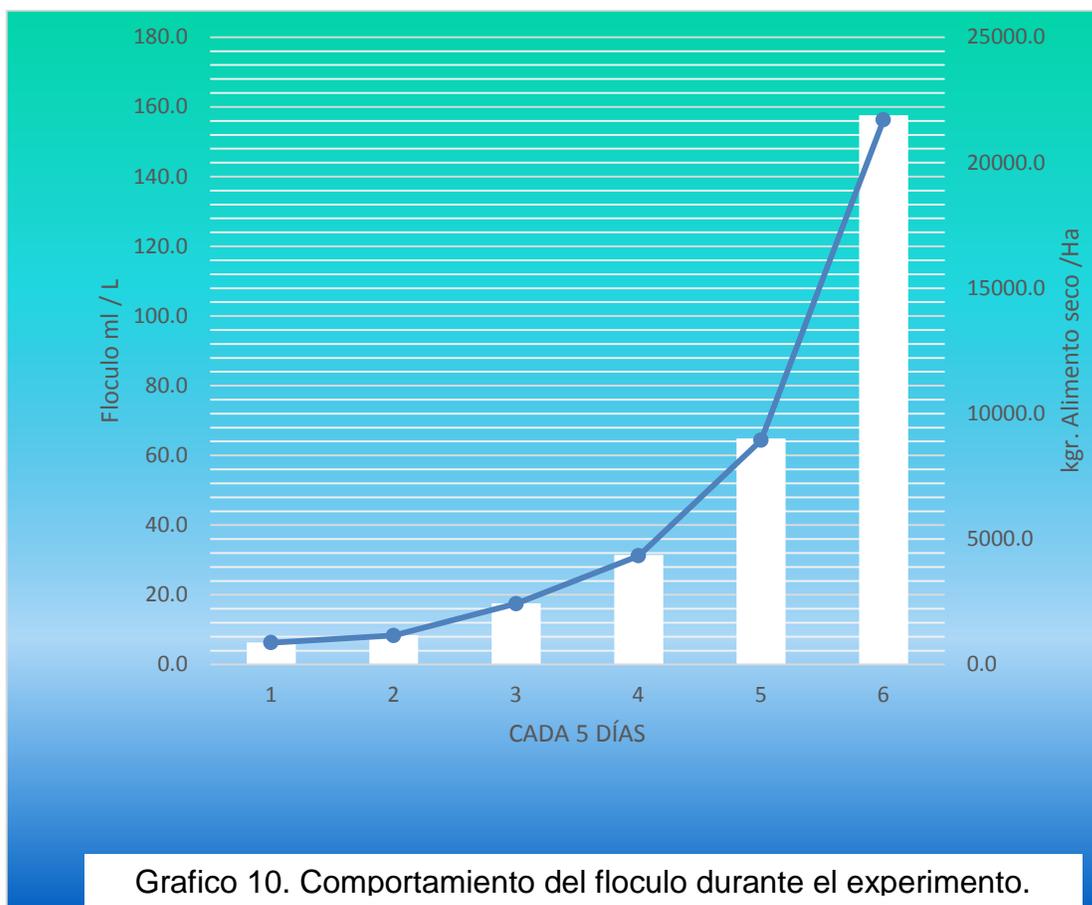


6.2.7 Flóculo.

En el grafico 9 se observa el comportamiento que tuvo el floculo durante todo el experimento, dando como resultado un mínimo de 6 ml/lts de floculo, un máximo de 156 ml/lts de floculo.

Según Avnimelech (2012). En cultivo de tilapia se espera de 2 – 100 ml/lts de bio floc y que se debe mantener un nivel mínimo de 4 mg O₂ /L, por lo cual el oxígeno disuelto se mantuvo superior a 4mg/l todos los días que duro el experimento.

Los resultados en la producción de floculo fueron satisfactorios el periodo de tiempo que duro la investigación.



VII. Conclusiones

1. En los factores físico-químicos, se registró para el oxígeno disuelto un máximo de 7.7 mg/l y un mínimo de 3.63 mg/l en el tratamiento 1 y en el tratamiento 2 un máximo de 7.2mg/l y un mínimo de 3.6mg/l, la temperatura presento un máximo de 28.2 °C y un mínimo de 24.7°C en el tratamiento 1 y un máximo de 28.1°C y un mínimo de 26.2°C en el tratamiento 2 y el pH se observó un máximo de 8°/00 y un mínimo de 6.9 °/00 en el tratamiento 1 y en el tratamiento 2 se registró un máximo de 7.7°/00 y un mínimo de 6.9°/00, en ambos tratamientos los valores de factores físico-químicos se mantuvieron dentro de los valores óptimos.
2. Según los datos obtenidos , el peso promedio del tratamiento 1 fue de 12.23 gr y el del tratamiento 2 fue de 10.57 gramos, lo que indica que hubo un mayor crecimiento durante el experimento con una diferencia de 1.66 gramos entre los tratamientos, de igual forma se evaluó el desarrollo de los alevines y su asimilación alimenticia obteniendo una mayor tasa de crecimiento en el tratamiento 1 con un promedio final de 1.96, siendo menor en el tratamiento 2 con un promedio de 0.79, así mismo se observó un mayor ritmo de crecimiento en el tratamiento 1 con un valor de 2.33 kg/m² contrario al tratamiento 2 con un valor de 0.90 kg/m², esto significa que los organismos del tratamiento 1 tuvieron un ritmo de crecimiento mayor en cada semana que duro el experimento.
3. Los datos obtenidos muestran que hubo un mayor rendimiento productivo en el tratamiento 1 con 708.9 lb/ha contrario al tratamiento 2 con 612.7 lb/h. Con respecto a la sobrevivencia se determinó que hubo una gran variación, según los datos el tratamiento 2 tiene una sobrevivencia más alta con un valor de 77.77 y el tratamiento 1 con una sobrevivencia de 66.67, en el factor de conversión alimenticia obtuvimos que el tratamiento 1 de 1.00 y en el tratamiento 2 fue de 1.1, observando así que no se presentó una diferencia significativa en el último dato obtenido en ambos tratamientos.
4. Durante el periodo en el que se desarrolló el experimento se realizaron 6 conteos de la cantidad de floculo presente en cada una de las tres repeticiones donde debía haber valores de 2 a 100 ml/lts de agua, lo que indica que obtuvimos un resultado positivo en la producción del floculo en el cultivo durante el tiempo de duración del experimento.

VIII.-RECOMENDACIONES

- 1) Es importante comprobar que el dispositivo experimental está funcionando correctamente antes de sembrar las tilapias.
- 2) Recomendamos a los pequeños productores e interesados en dar un mantenimiento adecuado y constante a los equipo de toma de factores físico-químicos, y hacer la toma del factor oxígeno, previniendo altas y bajas de este factor ya que estresan a los organismos e impiden su desarrollo corporal.
- 3) De igual forma recomendamos un monitoreo de los factores físico-químicos, especialmente de la temperatura porque esta va incidir sobre el resto de los factores.
- 4) Es importante que al momento de realizar los muestreos poblacionales llevar a cabo un examen externo a los organismos para ver si no tienen alguna enfermedad que impida su crecimiento.
- 5) Almacenar el alimento en un lugar seco, sin que le introduzca humedad, ni insectos para asegurar su efectividad.

IX. – BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Abdel-Fattah, M. El-Sayed. 2006. Tilapia culture. Edited by CABI Publishing, Cambridge, USA. Disponible en: <http://books.google.com.ni/books?id=TrNMeuqdm5gC&lpq=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false> Consultado en Julio 2014.
- 2) Alamillo 2001. *Cultivó de tilapia. ZOE Tecno-Campo. México D.F. México: 10-12.* www.zoetecnocampo.com/documentos/tilapia/tilapia.htm
- 3) Anónimo 2001, San Salvador, Salvador Guía Para el Cultivo de Tilapia en estanques 18pp disponible en: <http://luisdi.files.wordpress.com/2008/08/guía-tecnica-tilapia.pdf>
- 4) Arredondo & cols.1994 Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. SEPESCA / UAM-I, Secretaria de Pesca. 89pp.[Consultado en Junio 2014] Disponible en: <http://tesiuami.izt.uam.mx/uam/aspuam/presentatesis.php?recno=7877&docs=UAM7877.PDF>
- 5) Avnimelech, Y. 2011. Tilapia Production Using Biofloc Technology Saving Water, Waste Recycling Improves Economics. *Global aquaculture advócate May/June*, pp66-68.
- 6) Avnimelech, Y. 2012. Biofloc technology. *World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA*,pp48.
- 7) Bairagi, A., Sarkar Gosh, K., Sen, SK., Ray, AK., 2004. Evaluation of the value of.Universidad Visva-Bharati, Santiniketan 731 235, Bengal Occidental, India pp 236,246. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2004.01028.x/abstract>
- 8) Bairagi, A., Sarkar Gosh, K., Sen, SK., Ray, AK. 2002. Enzyme producing bacterial flora.Universidad Visva-Bharati, Santiniketan 731 235West Bengal, India pp 189–202. Disponible en: <http://www.degruyter.com/view/j/aopf.2008.16.issue-2/s10086-008-0016-2/s10086-008-0016-2.xml?format=INT>

- 9) Balarin, and Haller, R.D. (1982) the intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. In: Muir, J.F. and Roberts, R.J. (eds) *Recent Advances in Aquaculture*. Croom Helm, London and Canberra, and Westview Press, Boulder, Colorado, pp. 267–355. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004484869290253H> Consultado en Junio del 2014
- 10) Cantor 2007 *cultivos de tilapia Puebla México 135pp* disponible en : <http://es.scribd.com/doc/266429978/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>
- 11) Cerdá, M., L. Pérez Igualada, L. Zaragoza y J. Fernández. 1998 Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) Con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. Archivos de zootecnia vol. 47, núm. 177, p. 17. Disponible en: http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/06_20_16_02jover.pdf Consultado en Junio del 2014.
- 12) Chacón Edgar 2009. Comparación del crecimiento de tres especies de tilapia (*Oreochromis niloticus*, variedad Stirling; *Oreochromis aureus* y Rock Mountain White (♂ *niloticus* x ♀ *aureus*) cultivadas con dos métodos de alimentación en sistemas de flujo continuo. Disponible en: [http://soyamex.com.mx/acuacultura/tilapia/PORCENTAJES%20-%20copia%20\(2\)%20-%20Dr.%20Chacon.pdf](http://soyamex.com.mx/acuacultura/tilapia/PORCENTAJES%20-%20copia%20(2)%20-%20Dr.%20Chacon.pdf) Consultado en Junio del 2014
- 13) Chimbor C. 2010 *reemplazo de la harina de pescado en alimentos acuícolas, callao, Perú 2pp* disponible: www.aquahoy.com/index.php?option
- 14) Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., & Avnimelech, Y. (2009). Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 105-112.
- 15) Craig, S., Helfrich., 2002. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding (Publication 420–256). Virginia Cooperative Extension, Yorktown (Virginia). 4 pp.

- 16) DELGADILLO. M. 1998 *Sincronización de la reproducción de oreochromis mossambicus, su reversión sexual y alevinaje a escala comercial. Taller: La Planta Experimental de Producción Acuícola a cinco años de su creación. UAM-I. pp. 67-75*
- 17) Denzer, 1968 Studies on the physiology of young *Tilapia*. *FAO Fisheries Report* 44 (4), 356–366. Disponible en: <http://www.publish.csiro.au/paper/MF10207.htm> Consultado en Junio del 2014.
- 18) Ekasari, Crab, and Verstraete. 2010. Primary Nutricional Content of Bio-flocs Cultured With Different Organic Carbon Sources and Salinity. *HAYATI Journal of Biosciences* 17(3): 125.130.
- 19) Ekasari, J., & Maryam, S. (2012). Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities. *HAYATI Journal of Biosciences*, 19(2), 73.
- 20) Espejo, C. (2012). MANEJO INDUSTRIAL DE LAS TILAPIAS Un inicio en el biofloc. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuicola*, 6(6).
- 21) FAO. Fisheries Department. (2014). *the State of World Fisheries and Aquaculture 2014*. Food&AgricultureOrg.
- 22) Flores P. 2010, Manual de crianza de tilapia Nicovitaalicorp buenos aires. Argentina 49 pp. Disponible en: www.industriaacuicola.com/.../Tilapia/Manual.
- 23) Franco A. 1993. Manejo técnico de granja camaronera. Proyecto de fortalecimiento a la Acuicultura. Manual I. Pág. 52-60
- 24) Garcés 2001 Comparación del crecimiento y sobrevivencia de dos líneas de tilapia en estanques cubiertos con malla contra pájaros. Honduras: Universidad Zamorano. Disponible en: <http://www.acuacultura.org/images/T1310.pdf> Consultado en Julio del 2014.
- 25) Garcia A., Tume J., Juárez V. 2011. Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo.

- Consultado en Junio del 2014. Disponible en:
http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista_15-02_Esp_05.pdf
- 26) Gunter 2000. Guía para el cultivo de tilapia 138 pp. Primera edición. Impreso en México.
- 27) Jover M 2000. Estimación del Crecimiento, Tasa de Alimentación y Producción de Desechos en Piscicultura mediante un Modelo Bioenergético. Revista AquaTIC, nº 9, Marzo 2000. [Disponible el 02/07/2014 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=82>]
- 28) Leyva, C. M., & Engle, C. R. (2008). Optimizing Tilapia, *Oreochromis sp.*, Marketing Strategies in Nicaragua: A Mixed-integer Transshipment Model Analysis. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(3), 339-351.
- 29) Ligeon, C., Bayard, B., Clark, J., & Jolly, C. (2007). US import demand for tilapia from selected FTAA countries. *Farm & Business: The Journal of the Caribbean Agro-Economic Society (CAES)*, 7(1), 139-56.
- 30) Martínez E. Herrera C. López N. 1999 Fitoplancton. Centro de investigaciones del camarón. UCA. Managua, Nicaragua. Pag. 4, 5.
- 31) Morales, Castañeda, de la paz, olmedos, Galván, Montoya, Pérez y cabañas I. p., 1998. *Manual técnico para cultivo de la tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de PESCA. SEPESCA. México, pp. 202.* [Consultado en Junio del 2014] Disponible en: <http://biblioteca.cicese.mx/catalogo/libros/ficha.php?id=7170>
- 32) Morgan 1972 Causes of mortality in the endemic tilapia of Lake Chilwa (Malawi). *Hydrobiologia* 40, 101–119. Disponible en: <http://www.readcube.com/articles/10.1007/BF00123596> Consultado en Junio del 2014
- 33) Neira, I., & Engle, C. 2003. Potential for restaurant markets for tilapia in Nicaragua. *Aquaculture CRSP Research Report*, 03-192.

- 34) Paz, M, 1997 Tilapia Roja: La gallina del agua.. AUREC. Colombia: 5pp.
[Consultado en Junio 2014] Disponible en: [html:
univalle.edu.co/~aupec/AUPEC/tilapia.html](http://html.univalle.edu.co/~aupec/AUPEC/tilapia.html).
- 35) Philippart, J. and Ruwet, J. 1982 Ecology and distribution of tilapias. In: Pullin, R.S.V. and Lowe-McConnell, R.H. (eds) The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings No. 7, ICLARM, Manila, Philippines, pp. 15-59 Disponible en: <http://books.google.com.ni/books?id=-rtoFIsImzoC&lpg=PA15&ots=Lb5qESEIUr&dq=Ecology%20and%20distribution%20of%20tilapias.&pg=PA15#v=onepage&q=Ecology%20and%20distribution%20of%20tilapias.&f=false> Consultado en Junio del 2014
- 36) Piedrahita, R., 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture* 226, 35–44.
- 37) Popman & Green (1990) Sex Reversal of Tilapia: 17a-Methyltestosterone Dose Rate by Environment and Efficacy of Bull Testes. <http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/technical/14tchhtml/2/2b/2b4/2b4.html>
- 38) Ramos. F, Triminio. S, Meyer. D, Barrientos. A 2006. Determinación de los costos del cultivo de tilapia a pequeña y mediana escala. [Consultado en Julio 2013]. Disponible en: http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Determinacion_Meyer007.pdf
- 39) Randall, Wood, Perry, Bergman, H., Maloiy, G. Mommsen, T. and Wright, P. (1989) Urea excretion as a strategy for survival in a fish living in a very alkaline environment. *Nature* 337, 165–166. Disponible en: [http://www.dbbe.fcen.uba.ar/old/materias/fac/LetterExcretor\(2\).pdf](http://www.dbbe.fcen.uba.ar/old/materias/fac/LetterExcretor(2).pdf) Consultado o en Junio del 2014.
- 40) Castro, Hernández, Aguilar. 2004. Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis* sp.) en aguas duras, en la región

- de la Cañada, Oaxaca, México. Revista AquaTIC, nº 20, pp. 38-43.
Disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=172>
- 41) Saavedra M. 2006, manejo del cultivo de tilapias, cidea, Managua Nicaragua. [www.pdf.usaid.gov/pdf docs/pnadk649.pdf](http://www.pdf.usaid.gov/pdf/docs/pnadk649.pdf)
- 42) Torres D. 1991. Manual práctico de cultivo de camarón de honduras. Honduras. Pág.28-29
- 43) Tsadik, G. and Kutty, M. 1987 *Influence of Ambient Oxygen on Feeding and Growth of the Tilapia, Oreochromis niloticus (Linnaeus)*. UNDP/FAO/NIOMR, Port Harcourt, Nigeria, 13 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC168E/AC168E00.htm> Consultado en Junio del 2014.

IX. - Anexos

|  | <p>FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA. UNAN-LEÓN</p> <p>Departamento de Biología</p> <p>Carrera Ingeniería Acuícola</p> |  | | | | | | |
|---|--|---|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Formato de campo para toma de factores fisico-quimicos. | | | | | | | | |
| Nombre del lugar: "Finca La Esperanza" _____ | | Fecha: _____ | | | | | | |
| Nombre del tratamiento: _____ | | | | | | | | |
| Nombre de la especie sembrada: <u>Oreochromis niloticus</u> _____ | | | | | | | | |
| Densidad de siembra: <u>6 organismos/m2</u> _____ | | Sistema de cultivo: <u>Semi-intensivo</u> . | | | | | | |
| OXIGENO DISUELTO | | | TEMPERATURA | | | pH | | |
| DÍA | 06:00AM | 11:00AM | 04:00PM | 06:00AM | 11:00AM | 04:00PM | 06:00AM | 06:00PM |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| Responsables de toma de factores fisico-quimicos: | | | | | | | | |