

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León (UNAN-LEÓN)**

**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Departamento de Biología.**

**Carrera Ingeniería Acuícola**



**Tesis previa para optar al título de Ingeniero Acuícola.**

**Efecto de dos tipos de alimentos: Comercial y experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) sobre el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones experimentales.**

**Elaborado por:**

Br. Areison José Gómez González.  
Br. Irma del Rosario Morales Rivas.

**Fecha: 19 de Junio del 2015.**

**“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”**

**Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua León (UNAN-LEÓN)**

**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Departamento de Biología.**

**Carrera Ingeniería Acuícola**



**Tesis previa para optar al título de Ingeniero Acuícola.**

**Efecto de dos tipos de alimentos: Comercial y experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) sobre el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones experimentales.**

**Elaborado por:**

Br. Areison José Gómez González.  
Br. Irma del Rosario Morales Rivas.

**Tutor:**

Dr. Evenor Martínez González.

**“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”**

## Resumen

El estudio se llevó a cabo debido a un aumento en la tasa de crecimiento en la tilapicultura, como nueva alternativa de producción e investigación, haciendo énfasis en la problemática que existe en el suministro de alimento con el adecuado porcentaje de proteína requerido por las tilapias y un valor económico que complemente con la producción. Esta investigación se realizó con el objetivo de: Comparar el efecto de dos tipos de alimentos: Comercial y experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) sobre el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones experimentales. Se utilizó alimento comercial para tilapia al 28% de proteína en el tratamiento 1 y se elaboró alimento experimental al 28% de proteína para el tratamiento 2. Se registraron los factores físicos y químicos del agua (Oxígeno Disuelto (OD), Temperatura y pH). Se realizaron muestreos cada 5 días para calcular los datos de los parámetros poblacionales. Los resultados obtenidos en el tratamiento 1: OD: 4.26 mg/L y 7.12 mg/L, Temperatura: 27.1 °C y 29.4 °C, pH: 6.5 y 7.7, Crecimiento acumulado: peso inicial de 12.73gr y peso final de 17.02 gr, Supervivencia: 75% y en el tratamiento 2: OD: 4.65 mg/L y 7.02 mg/L, Temperatura: 27 °C y 29.7 °C, pH: 6.5 y 7.7, Crecimiento acumulado: peso inicial de 12.73 gr y peso final de 16.41 gr, Supervivencia: 100%, en el análisis estadístico se demostró que existe diferencia numérica entre tratamientos, pero no es significativa ( $P < 0,05$ ), por lo tanto esta diferencia se debe al azar y no a la variable de los dos tratamientos por lo que se acepta que: La aplicación del alimento experimental, tiene un efecto igual en el crecimiento de la tilapia que el alimento comercial.

## **Agradecimiento**

En la culminación de mi carrera agradezco enormemente a Dios padre por haberme dado la oportunidad de culminar con esta meta de gran importancia para mí ya que en todo momento fue el dándome las fuerzas y sabiduría para salir adelante y superar cualquier dificultad.

Agradezco a mi familia muy especialmente a mi madre Johanna González, por haberse esforzado tanto y apoyarme en todo momento en gran manera, para alcanzar un grado superior de conocimiento y de capacidad culminando mi carrera profesional, a mi abuela Danelia Zamora por brindarme su atención, su ayuda, por todos sus consejos y por haberme motivado a mejorar cada día, por confiar en mí siempre y por ser su orgullo. A mi padre Luis Gómez, por su gran apoyo en todas las áreas, de tal manera que pudiera hacer posible esta meta, a todos mis tías (os), que durante toda mi carrera me han brindado su apoyo.

A mi tutor Dr. Evenor Martínez, por todo su apoyo, mostrándome la eficacia y eficiencia en el trabajo con integridad y exigencia durante todo este proceso de formación, MSc. Claudia Herrera por su colaboración en la enseñanza, su experiencia, por sus consejos, motivándome a trabajar más y mejor, Ing. Álvaro Barreto por su disposición y apoyo en el transcurso de mi carrera.

A todas las personas que siempre estuvieron a mi lado brindándome su ánimo y su apoyo incondicional en todas las áreas de mi vida durante el transcurso y culminación de mi carrera, a todos los que hicieron posible la realización de este trabajo. GRACIAS!

**Areison Gómez González**

## **Agradecimiento**

Primeramente a Dios Padre, por haberme permitido culminar con éxito mis estudios, sin él esto no hubiese sido posible.

En especial a mi mamá Lorena Rivas, por darme todo su amor y apoyo incondicional, por todos sus consejos y regaños que me sirvieron de mucho para seguir adelante. Al Sr. Ghaleb Khader, por brindarme todo su apoyo, sus consejos, por creer y depositar su confianza en mí.

A los docentes, Dr. Evenor Martínez, McS. Claudia Herrera, McS. Claudia Jovel e Ing. Álvaro Barreto, por todo el apoyo que me brindaron en todo el transcurso de mi formación profesional, el tiempo que me prestaron atención para ayudarme cuando tuve problemas.

A mi hermana Jennifer Zelaya, a Stanley Cabrera, compañeros de estudio y de trabajo, por estar siempre a mi lado y darme ánimos de seguir estudiando, a todos los que hicieron posible la realización de este trabajo, GRACIAS!

**Irma Morales Rivas**

## **Dedicatoria**

Principalmente a Dios Padre todo poderoso, por haberme dado la vida y la oportunidad de cumplir con esta meta, por haberme ayudado siempre y haber culminado esta etapa con éxito.

A mi familia que siempre estuvo presente en cada paso confiando en mí y brindándome su apoyo, muy especialmente a mi madre Johanna González, mi abuela Danelia Zamora, mi papá Luis Gómez.

A mis profesores y todas las personas que me apoyaron incondicionalmente.

**Areison Gómez González**

Primeramente a Dios Padre, por haberme permitido culminar con éxito mis estudios.

A mi familia, que depositaron su confianza en mí para seguir adelante con mi formación profesional, en especial a mi mamá Lorena Rivas.

A mis profesores y a todas las personas que me apoyaron siempre.

**Irma Morales Rivas**

## ÍNDICE

I.- INTRODUCCIÓN .....	1
II.- OBJETIVOS.....	2
III.-HIPÓTESIS.....	3
IV.-LITERATURA REVISADA .....	4
<b>4.1. Generalidades de la tilapia.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1.1. Morfología externa de la tilapia. ....</b>	<b>5</b>
<b>4.1.2. Morfología interna de la tilapia.....</b>	<b>5</b>
<b>4.1.3. Etapas del desarrollo. ....</b>	<b>6</b>
<b>4.1.4. Madurez sexual.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Hábitos alimenticios de la tilapia. ....</b>	<b>9</b>
<b>4.2.1 Alimentación de las tilapias en cultivo.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3. Sistemas de Producción de tilapias.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3.1. Requerimientos nutricionales.....</b>	<b>16</b>
<b>4.4. Alimentación y Nutrición.....</b>	<b>19</b>
<b>4.4.1. Propiedades del alimento. ....</b>	<b>19</b>
<b>4.4.2. Formulación de dietas balanceadas. ....</b>	<b>22</b>
<b>4.4.3. Métodos de Formulación de Raciones.....</b>	<b>22</b>
<b>4.4.4. Proceso de fabricación.....</b>	<b>28</b>
<b>4.5. Tabla de alimentación (Cultivo semi-intensivo) .....</b>	<b>32</b>
<b>4.6. Formas de alimentación .....</b>	<b>33</b>
<b>4.7. Buenas prácticas acuícolas (BPA) en la tilapicultura. ....</b>	<b>34</b>
<b>4.7. Factores físicos químicos del agua.....</b>	<b>37</b>
<b>4.8. Parámetros poblacionales. ....</b>	<b>44</b>
<b>4.9. Análisis Estadístico. ....</b>	<b>48</b>
V.- MATERIALES Y MÉTODOS .....	50
<b>5.1. Localización del lugar donde se realizó el experimento.....</b>	<b>50</b>
<b>5.2. Dispositivo experimental. ....</b>	<b>50</b>
<b>5.3. Diseño experimental. ....</b>	<b>50</b>
<b>5.5. Proceso de fabricación.....</b>	<b>53</b>
<b>5.6. Medición de factores físico químico .....</b>	<b>55</b>
<b>5.7. Parámetros poblacionales .....</b>	<b>56</b>

<b>5.8. Análisis estadístico.....</b>	<b>58</b>
<b>VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1 Factores Físico Químicos.....</b>	<b>60</b>
<b>6.1.1 Oxígeno Disuelto .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1.2 Temperatura.....</b>	<b>61</b>
<b>6.1.3 pH .....</b>	<b>62</b>
<b>6.2 Parámetros Poblacionales.....</b>	<b>63</b>
<b>6.2.1 Crecimiento Acumulado.....</b>	<b>63</b>
<b>6.2.2 Ritmo de Crecimiento. ....</b>	<b>65</b>
<b>6.2.3 Tasa de Crecimiento.....</b>	<b>66</b>
<b>6.2.4 Supervivencia.....</b>	<b>67</b>
<b>6.2.5 Factor de Conversión Alimenticia. ....</b>	<b>68</b>
<b>6.2.6 Rendimiento Productivo.....</b>	<b>69</b>
<b>VII.- CONCLUSIÓN.....</b>	<b>70</b>
<b>VIII.- RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
<b>IX.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>72</b>
<b>X.- Anexos .....</b>	<b>77</b>

## I.- INTRODUCCIÓN

Luchini (2006) sostiene que a nivel mundial, la actividad de acuicultura ha crecido a un ritmo promedio del 9,2% anual desde 1970, comparado con el 1,4% de la pesca de captura y el 2,8 % de los sistemas de producción de carne en tierra firme. Más de 1000 millones de personas en el mundo dependen del pescado como fuente de proteína animal, por lo que se prevé que el consumo por persona/año, ascenderá desde los 16 kg actuales hasta los 19 a 21 kg en el 2030.

A nivel nacional, el cultivo de tilapia es de gran importancia ya que este se presenta como nueva alternativa de producción con excelentes perspectivas, sin embargo, es necesario desarrollar tecnología en este campo que optimice los sistemas de producción y transformación de las especies acuícolas. Luchini (2004).

Debido a la actual tasa de crecimiento en la tilapicultura es necesario hacer referencia a la problemática que existe en el suministro de alimento con el adecuado porcentaje de proteína requerido por las tilapias y un valor económico que complemente con la producción. En el presente trabajo se plantea la siguiente incógnita ¿El alimento a base de harinas de origen vegetal (melaza + harina de maíz + harina de soya) puede ser utilizado durante un sistema de producción y que el crecimiento de los animales sea mayor con un costo de alimentación menor que pueda satisfacer las necesidades nutricionales de los peces en cultivo?

Se pretende formular una nueva alternativa que vaya de la mano con el bolsillo de los pequeños productores a fin de obtener un buen crecimiento en los organismos al consumir alimento experimental.

Con los resultados obtenidos, grandes y pequeños productores podrán ejecutar esta técnica de alimentación en el sistema de cultivo, aplicando alimento a base de harinas de origen vegetal en sustitución del alimento comercial.

## II.- OBJETIVOS

### **Objetivo general:**

Comparar el efecto de dos tipos de alimentos: Comercial y experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) sobre el crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* en condiciones experimentales.

### **Objetivos específicos:**

1. Comprobar que los valores de los factores físico químico del agua (Oxígeno Disuelto, Temperatura y pH) no sean diferentes significativamente ni entre repeticiones ni entre tratamientos dentro de un rango óptimo.
2. Comparar el Crecimiento Acumulado, el Ritmo de Crecimiento y Tasa de Crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* sujetos a dos tipos de dietas.
3. Calcular la Supervivencia, Rendimiento Productivo y Factor de Conversión Alimenticio, de las tilapias en las dos condiciones experimentales.

### **III.-HIPÓTESIS**

Ho. La aplicación del alimento experimental, tiene un efecto igual en el crecimiento de la tilapia que el alimento comercial.

H1. La aplicación del alimento experimental, tiene un efecto diferente en el crecimiento de la tilapia que el alimento comercial.

## IV.-LITERATURA REVISADA

### 4.1. Generalidades de la tilapia.

La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia Cichlidae. Originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. Es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno y es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques, y puede ser manipulado genéticamente. Toledo y García, (2000).

De acuerdo a la clasificación de Berg, modificada por Trewavas (1983) citado por Toledo y García, (2000). Las tilapias se clasifican de la siguiente manera: ver Tabla N° 1.

Tabla N° 1. Clasificación taxonómica de la tilapia *Oreochromis niloticus*.

REYNO	Animalia
PHYLUM	Vertebrata
SUBPHYLUM	Craneana
SUPERCLASE	Gnathostomata
SERIE	Piscis
CLASE	Teleostomi
SUBCLASE	Actinopterygui
ORDEN	Perciformes
SUBORDEN	Percoidei
FAMILIA	Cichlidae
GENERO	<u><i>Oreochromis</i></u>
ESPECIE	<u><i>Oreochromis niloticus</i></u> .

Toledo y García, (2000)

#### **4.1.1. Morfología externa de la tilapia.**

Presentan coloración oscura grisácea con manchas negras, un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo, es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies, la cabeza del macho invariablemente más grande que la de la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (Dimorfismo sexual).(Lorenzo, 2011).

La boca protractil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Presentan membranas branquiales unidas por 5 ó 6 radios branquióstegos y un número de branqui-espinas, según las diferentes especies. (Lorenzo, 2011).

#### **4.1.2. Morfología interna de la tilapia.**

El pez tiene unas espinas a lo largo de los arcos de cartílago que sostienen físicamente a las branquias. Con estas espinas el pez puede filtrar material del agua que pasa por su boca. El material acumulado en estas branqui-espinas se mezcla con una capa de moco producida en la cavidad bucal del pez. Eventualmente la capa de moco es conducida a la faringe y esófago para entrar en el sistema digestivo del pez.

La tilapia cuenta con pequeños dientes en sus pre-maxilas para raspar el perifiton de las superficies de objetos sumergidos en el agua. Todo material introducido a la garganta es triturado por acción de dientes faríngeos ubicados en placas superior e inferior. (Wong, 2003, citado por Anónimo 1, 2003).

El estómago de la tilapia no es anatómicamente evidente. La primera porción del intestino presenta secreción de ácido y pH bajo para promover el desdoblamiento

de las paredes celulares de bacterias y algas. Típicamente la tilapia consume alimento durante todas las horas del día. En los cultivos los peces aprenden a consumir alimento ofrecido en la noche.

El intestino de la tilapia es largo. Se estima el tiempo de pasaje del alimento por el tracto digestivo de la tilapia en ocho a más de 24 horas. (Wong, 2003, citado por Anónimo 1, 2003).

Órganos tales como el hígado o el páncreas forman parte del aparato digestivo, teniendo funciones de favorecimiento de la digestión, por ejemplo la regresión de bilis e incluso de generación de reservas como es el caso de formación de glucógeno. (Braun, 1970 citado por López y Cruz 2011).

#### 4.1.3. Etapas del desarrollo.

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). El desarrollo de la tilapia se describe en 5 estadío. Ver Tabla N° 2.

Tabla N° 2. Talla y peso aproximado en diferentes estadios de desarrollo de la tilapia.

ESTADÍO	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 y Cols. 1994 citado por Hurtado, 2005).

- **Huevos**

Generalmente son de color amarillo claro, no translúcido, de un diámetro de aproximadamente 2 mm a 3 mm de forma ovoide; normalmente dura de 3 a 5 días dependiendo de la temperatura, hasta la eclosión, (Incubación bucal).

- **Alevín**

Se llama así al pez recién salido del huevo y que aún conserva el saco vitelino, el cual es la fuente de alimentación del pez durante varios días.

Este estadio dura aproximadamente de 10 días a 15 días, en los que la hembra protege a los alevines de 5 días a 8 días, durante los cuales estos entran y salen con frecuencia, teniendo una talla entre 0,7 cm a 1,0 cm. (Cantor, 2007)

- **Cría**

Se denomina así al pez cuando absorbió por completo el saco vitelino y comienza alimentarse por sí mismo, además que acepta alimento balanceado.

Estado que sigue al alevinaje en donde el pez alcanza una talla de 3 cm a 5 cm la cual se logra dentro de un período de 15 días a 30 días. Klinge y Cols, (2000); citado por (Hurtado, 2005).

- **Juvenil**

Este estadio tiene una duración aproximada de 45 días a 60 días, en donde alcanza una talla de 7 cm a 12 cm. En cuanto a las exigencias alimenticias estos se asemejan a los del adulto, aceptando alimento balanceado para su crecimiento. (Cantor, 2007).

- **Adulto**

Este estadio se alcanza a partir de los 10 cm a 18 cm de longitud y pesos entre 70 g y 100 g, características que se obtienen a los tres meses y medio de edad (Arredondo, 1994; citado por Hurtado, 2005). Los ejemplares adultos pueden

llegar a alcanzar de 1kg a 3 kg de peso vivo. Siendo el peso mínimo de siembra en machos de 150 g y 100 g para el caso de las hembras, Klinge y Cols, (2000); citado por Hurtado, (2005)

#### **4.1.4. Madurez sexual.**

La tilapia posee un tipo de reproducción dioica; es decir, los óvulos y espermatozoides se desarrollan en individuos separados, existiendo por lo tanto machos y hembras.

La diferenciación de las gónadas en la tilapia ocurre en etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad, (tomando como referencia el primer día en que dejó de ser alevín). Desarrollando las gónadas femeninas de 7 a 10 días antes que las masculinas.

Las tilapias alcanzan su madurez sexual a partir de los 3 a 4 meses en machos. La frecuencia de desoves varía considerablemente dependiendo de los factores ambientales, pudiendo ser desde 5 a 8 al año. Estos desoves tienen por rango de temperatura ideal la de 24°C a 34°C. Se reproducen en todo tipo de agua disminuyendo su capacidad reproductiva en aguas con salinidad. El número de huevos varía de 200 a 2 500, siendo el máximo alcanzado a los dos años de edad. Ver Tabla N° 3. Estos huevos son de tipo bentónico, asociado inicialmente al fondo, son de coloración amarilla si están fertilizados mientras que los no viables presentan un color blanco. Klinge y Cols, (2000); citado por Hurtado, (2005).

Tabla N° 3. Características de la maduración sexual de la tilapia.

Edad	2 a 3 meses
Peso	70-100 grs
Longitud	10-18 cm
Temperatura para el desove	Óptima: 25-30°C Mínima: 21°C
Fecundidad	Rango: 100-2000 huevos/desove Promedio: 200-400 huevos/desove Una hembra de 200gr: 250-500 alevines /4-5 semanas.
Tamaño óptimo para la reproducción	100-200gr.

FONDEPESCA, 1986 citado por Cantor (2007).

#### **4.2. Hábitos alimenticios de la tilapia.**

Son Cíclidos considerados como omnívoros que hasta su etapa de cría de 5 cm. presenta preferencias fitoplanctófagas, puesto que su alimentación se basa en el consumo de zooplancton, insectos y vegetales acuáticos, y de alimentos artificiales como harinas y granos.

Los juveniles se alimentan preferentemente de fitoplancton y zooplancton, inclusive aceptan alimentos preparados que se utilizan en la crianza de pollos. Los adultos comen plancton, algas filamentosas, algunas plantas superiores y detritus vegetal. (Cantor, 2007).

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

De forma general y en base a sus hábitos alimenticios predominantes, las Tilapias se clasifican en tres grupos principales:

a) Especies Omnívoras (que se alimentan tanto de plantas como de animales): *O. mossambicus* (especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere), *O. nilóticos*, *O. spilurus* y *O. aureus*.

b) Especies Fitoplanctófagas (que se alimentan de las algas y organismos microscópicos conocidos como fitoplancton) *O. macrochir*, *O. alcalicus*, *O. galilaeus* y *S. melanotheron*.

c) Especies Herbívoras (se alimentan exclusivamente de plantas): *T.rendalli*, *T. zilli*, *T. sparmanni*. (Anónimo 4, 2008)

La tilapia del Nilo es una especie que se alimenta durante toda su vida de Plancton (plantas y animales microscópicos que flotan en el agua). También suele consumir huevos, larvas, gusanos y ciertos peces pequeños (alevines). (Hurtado, 2005)

La productividad natural en estanques de cría provee el alimento vivo necesario para el crecimiento de la tilapia. Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos pueden utilizarse para estimular la producción de fitoplancton, que es el principal alimento vivo consumido por la tilapia durante estas etapas tempranas. (FAO, 2014).

#### **4.2.1 Alimentación de las tilapias en cultivo.**

Alimentación es la forma y manera de proporcionar al organismo los alimentos o sustancias nutritivas que necesita.

Se emplea la alimentación artificial en el cultivo de muchos tipos de peces y camarones para incrementar el nivel de producción. Son llamados alimentos

“artificiales” porque son ofrecidos a los animales en forma “artificial” o sea, no natural. En su hábitat natural, los peces y camarones no consumen los ingredientes usados comúnmente en formular estas dietas. (Anónimo 3, 2004).

Los alimentos utilizados en la producción intensiva o semi-intensiva de peces o camarones pueden representar una dieta completa o solamente un suplemento a la alimentación principal del organismo proveniente del plancton y otros organismos en el estanque. Las dietas completas contienen todos los nutrientes y demás ingredientes para satisfacer totalmente los requerimientos nutritivos del camarón o pez a largo plazo.

Los alimentos artificiales para peces y camarones son mezclas de diferentes ingredientes que suministran al organismo los elementos nutritivos y energía que necesita para su crecimiento y desarrollo, su actividad diaria y para su reproducción.

La combinación específica de ingredientes seleccionados es basada en los hábitos alimenticios de la especie siendo cultivada y estudios de sus requerimientos nutritivos. El contenido total de proteína es uno de los factores más importantes en formular una dieta para peces o camarones. En la naturaleza, estos organismos consumen una dieta natural rica en proteínas. (Anónimo 3, 2004)

Aparentemente los peces de aguas cálidas utilizan una parte de la proteína en la dieta para suplir energía a sus diversos procesos metabólicos y fisiológicos. El piscicultor quiere que todo el contenido protéico de la dieta sea utilizado en procesos de crecimiento (= producción). Por lo tanto, los alimentos artificiales para peces contienen altos porcentajes de proteína (de 25 a 50%) los cuales son balanceados con una adecuada cantidad de energía metabolizable para lograr un rápido crecimiento y una abundante y eficiente producción.

Los peces pequeños, de crecimiento rápido, requieren una cantidad mayor de alimento (4 a 5% o más) que los individuos más grandes (1 ó 2%).

En la crianza intensiva de algunas especies de peces, los niveles de alimentación pueden alcanzar 10 a 20% de su biomasa por día para los alevines recién nacidos. Aquí la cantidad diaria de alimento ofrecida será dividida en seis a ocho porciones, cada una dada a intervalos de 3 ó 4 horas. Económicamente resulta mejor no ofrecer el alimento a los peces más de 4 veces por día en el engorde de peces y camarones. (Anónimo 3, 2004)

La forma física del alimento también es una consideración importante. Se puede obtener alimentos concentrados pulverizados o procesados como píldoras o pellets, de diferentes diámetros y longitudes.

Las tilapias son peces provistos de branqui-espinas (pequeñas protuberancias en el arco del cartílago formando la unidad de sostén de cada branquia) con las cuales pueden filtrar el agua para obtener su alimentación en la forma de fitoplancton y otros organismos acuáticos microscópicos, también pueden filtrar del agua partículas de un alimento pulverizado con sus branqui-espinas.

Una fracción de la comida pulverizada tirada al estanque flota en la superficie y los peces suben hasta allí para comerla. Muchas veces los alimentos pulverizados son poco aprovechados por los peces del cultivo, debido al pequeño tamaño de las partículas. Además, los peces pueden seleccionar comer algunos ingredientes y no otros con los alimentos pulverizados. (Anónimo 3, 2004)

Estos problemas significarían una menor eficiencia en el engorde de los peces para el piscicultor. El uso de alimentos peletizados ayuda a reducir el desperdicio y asegura un consumo de todos los ingredientes del concentrado.

La calidad de los pellets es importante. Los pellets deben ser de un tamaño y color uniformes. Los pellets mal fabricados se desintegran fácilmente y los sacos contendrán una gran cantidad de polvo o finos. Los finos son de menor valor en la alimentación de los peces. La cantidad de finos en cada saco no debe sobrepasar el 3% del total. La presencia de pellets de diferentes colores en un saco indica problemas con la mezcla de los ingredientes en la fábrica.

Algunas compañías que se dedican a la fabricación de alimentos para peces producen un pellet flotante. Para fabricar pellets flotantes la mezcla de ingredientes es sometida a alto calor y presión elevada, antes de pasar por la máquina peletizadora, y ocurre un proceso de gelatinización del almidón en los ingredientes para sellar el exterior del pellet. Así el pellet formado tiene una densidad reducida y flotará en el agua durante varios minutos u horas.

El uso de pellets flotantes es importante en el manejo de cultivos comerciales de peces. Permite observar los peces cuando comen y evaluar directamente el consumo del alimento. El tamaño o diámetro del pellet debe ser adecuado para su fácil ingestión. Por ejemplo, se recomienda un pellet de 3 mm para tilapia entre 10 a 30 gramos. En las etapas finales del engorde, los pellets pueden tener dimensiones de 6mm o más.

El tiempo promedio de flotación y la cantidad de pellets que se hunde inmediatamente en el agua, son parámetros importantes para comparar la calidad de diferentes dietas para peces.

Al procesar una mezcla de ingredientes en pellets sólidos o flotantes para alimentar a peces, respectivamente, involucra someterlos a alto calor. El calor sirve para cocinar los ingredientes y así, son más digestibles por los peces del cultivo. (Anónimo 3, 2004)

### **4.3. Sistemas de Producción de tilapias.**

En todos los casos, lo mejor es trabajar con poblaciones monosexo “machos”, es decir con peces revertidos a sexo masculino (a excepción de los cultivos en jaulas).

En sistemas de cultivo en “jaulas” puede emplearse ambos sexos, ya que la hembra no retiene los huevos fertilizados en su boca, perdiéndolos. Popma y Lovshin, 1994 citado por (Luchini, 2006).

El sistema de producción adoptado dependerá de varios factores, entre ellos, de la disponibilidad de recursos financieros e insumos; del mercado consumidor al que esté dirigido el producto terminado, del acceso a regiones con temperaturas aptas para cultivo a cielo abierto (en estanques o jaulas); de la disponibilidad de agua de abastecimiento de calidad en el sitio seleccionado; de terreno apto para las construcciones necesarias, del conocimiento del productor acerca del manejo a efectuar durante todas las fases del cultivo; así como de otros factores importantes a respetar en acuicultura para cualquier especie bajo cultivo.

Un concepto importante a determinar durante el diseño del proyecto de cultivo, es especialmente la denominada “capacidad de carga” (que se entiende como la máxima biomasa o cantidad de materia viva ) que es capaz de ser sustentada en la unidad de producción seleccionada (sea estanque, tanque, raceway, jaulas o cualquier otro sistema), ya que el crecimiento de los peces bajo cultivo se detendrá cuando dicha capacidad alcance su máximo y cualquier tentativa de superar este límite, podrá posibilitar la pérdida del cultivo a menos que se incremente la tecnología a utilizar (aireación, oxigenación, recirculación , etc.). Por ello es tan importante que el productor defina el sistema y conozca previamente las densidades de cultivo a las cuales piensa colocar sus peces en las distintas fases del mismo, según las características de esta especie. Generalmente, estos datos se completan con referencias bibliográficas experimentales o por estimaciones basadas en cultivos de otros productores. La cosecha de los peces

se debe ejecutar al alcanzar la “biomasa económica”, cuando se acumula la máxima rentabilidad del cultivo. (Luchini, 2006).

➤ **Cultivo Extensivo.**

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

➤ **Cultivo Semi-intensivo.**

En este sistema de producción se utilizan estanques de 0.5 a 3 hectáreas con recambios del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo del grado de intensidad del sistema (se utilizan desde 2 hp a 12 hp por hectárea). Las densidades utilizadas son muy variables y se encuentran en el rango de 4 a 15 org/m<sup>2</sup> obteniendo una producción en el rango de 20 a 50 ton/ha/año con factores de conversión de 1.6 a 1.9 para peces de 700 gramos. En este sistema es muy importante el monitoreo de los niveles de amonio, pH, temperatura y el nivel de oxígeno disuelto. Para este sistema se utiliza alimento peletizado o extruido, con niveles de proteína desde 35 a 30% de proteína dependiendo de la fase de producción. (Cantor, 2007)

➤ **Cultivo intensivo.**

En este sistema se utilizan estanques pequeños de 500 a 1000 m<sup>2</sup> con alto recambio de agua (recambios de 250 a 600 l/s). En este sistema las densidades

de peces se encuentran en el rango de 80-150 org/m<sup>3</sup>, lo que equivale a cargas máximas de hasta 90 kg/m<sup>3</sup>. En los cultivos intensivos la cantidad y calidad del agua suministrada a los peces es sumamente importante, así como el cuidado y atención que se le debe proporcionar al sistema. Para asegurar el inventario y la producción de peces se debe contar con grandes reservorios de agua, sistemas de bomba que permitan reciclar el agua y la utilización de aireadores en los estanques. En este sistema es de gran importancia conocer constantemente el oxígeno disponible para el cultivo de la tilapia y poder ajustarlas densidades, tasa de alimentación y reducir así la mortandad.

En el cultivo intensivo de tilapia el oxígeno disponible es de gran importancia. La concentración del oxígeno en la salida de los estanques debe ser mayor a 3.5 mg/l para asegurar una buena incorporación de nutrientes en el organismo y de poder realizar los procesos metabólicos. En este sistema se utilizan alimentos extruidos flotantes con niveles de proteína de 30-35% con alta molienda, con porcentajes definidos menores a 1%, y tamaños variados dependiendo del tamaño del pez (tamaños de 1.5x1.5 mm para peces pequeños y 4x4 mm para peces adultos). La producción del sistema intensivo va a depender de la cantidad de agua disponible, así como de sus características. En un cultivo intensivo se pueden producir en un rango de 200-400 ton. De pez/m<sup>3</sup>/año. (Cantor, 2007)

#### **4.3.1. Requerimientos nutricionales.**

Los peces obtienen cantidades suficientes de nutrientes esenciales a través de alimentos disponibles u ofrecidos, para garantizar su normal metabolismo, un crecimiento adecuado, la salud y reproducción. Necesitan 44 nutrientes esenciales que incluyen al agua, aminoácidos esenciales, energía, ácidos grasos esenciales, vitaminas, minerales y carotenoides. (Cantor, 2007)

- **Proteínas**

La selección de los niveles de proteína en el alimento depende de varios factores: del peso del pez, del tipo de cultivo (intensivo o semiintensivo), función fisiológica (reproducción o engorde), presentación del alimento (peletizado o extruido), producción primaria del ecosistema y el factor económico. El nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez.

El suplemento de proteína en el alimento para el cultivo intensivo de tilapia, es más del 50% del costo total del alimento. Ver Tabla N° 4. El nivel de proteína en la dieta la cual produce máximo crecimiento se ve influenciado por múltiples factores como son:

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

Tabla N° 4: Requerimientos de proteína para tilapia según su peso.

Rango de peso (grs)	Nivel óptimo de proteína (%)
Larva a 0.5	40-45%
0.5 a 10	40-35%
10 a 30	30-35%
30 a 250	30-35%
250 a talla comercial	25-35%

(Cantor, 2007).

La harina de soya, es uno de los insumos más completos para la necesidad en aminoácidos esenciales de la tilapia (aunque es levemente deficiente en metionina y cistina), pero ella puede reemplazar las harinas de origen animal, o por lo menos la harina de pescado. (Anónimo 2, 2003)

- **Minerales**

Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales). También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes. Los requerimientos en minerales son: Ver Tabla N° 5.

Tabla N° 5. Minerales según el requerimiento en dieta para tilapia.

Mineral	Requerimiento en la dieta
Calcio	0
Fósforo	5-10 g/kg
Magnesio	0.5-0.7 g/kg
Potasio	2.0 g/kg
Hierro	30 mg/kg
Manganeso	2.4 mg/kg
Cobre	5.0 mg/kg
Selenio	0.1 mg/kg
Cromo	1.0 mg/kg

(Cantor, 2007).

- **Carbohidratos**

Los carbohidratos son la fuente más barata de energía en la dieta, además, de contribuir en la conformación física del pellet y su estabilidad en el agua. Los niveles de carbohidratos en la dieta de tilapia deben de estar alrededor del 40%.

- **Vitaminas**

La mayoría de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, por lo tanto deben de ser suplidas en una dieta balanceada. Las vitaminas son importantes dentro de los factores de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas. Los peces de aguas cálidas requieren entre 12 y 15 vitaminas en su dieta.

El nivel de vitaminas utilizadas va a variar dependiendo del sistema de cultivo empleado. Un pre mezcla general recomendada es la siguiente: Ver Tabla N° 6.

Tabla N° 6. Vitaminas utilizadas en el alimento

Vitamina	Nivel en la dieta
Tiamina	0.1 mg/kg
Riboflavina	3.5 mg/kg
Piridoxina	0.5 mg/kg
Ácido pantoténico g	3-5 mg/kg
Niacina	6-10 mg/kg
Biotina	0-0.5 mg/kg
Ácido Fólico	0-0.5 mg/kg
Cianocobalamina	0.01 mg/kg
Inositol	300 mg/kg
Colina	400 mg/kg
Ácido ascórbico	50 mg/kg
Retinol	500 UI/kg
Vitamina D	200 UI/kg
Vitamina E	10 mg/kg
Vitamina K	0-1 mg/kg

(Cantor, 2007).

#### 4.4. Alimentación y Nutrición.

##### 4.4.1. Propiedades del alimento.

###### ➤ Soya.

La soya es el alimento más rico en proteínas entre todos los que nos ofrece la naturaleza, ya que contiene un 36.5%.

La soya es la fuente más abundante y valiosa de proteínas vegetales, ya que además de ser de gran calidad, cuenta con un adecuado contenido de aminoácidos esenciales que representan beneficios importantes para la salud, entre ellos se encuentran la capacidad de reducir los niveles de colesterol en la sangre.

La soya es una fuente rica en proteínas que se emplea en la dieta como ingrediente o como producto principal, ya que aporta un excelente valor nutritivo por sus distintas propiedades funcionales en los sistemas alimentarios, dentro de los que incluyen la emulsificación, la gelación, la formación de espuma y la capacidad de retención de agua. El procesamiento del grano juega un papel importante en la mejora o modificación de las propiedades funcionales de su proteína y por lo tanto, puede ayudar a ampliar su aplicación prácticamente en todos los sistemas alimentarios. (Jiménez, 2006).

➤ **Maíz.**

El maíz contiene bajo contenido de calcio y elevado de fósforo, como la mayor parte de los cereales. Los alimentos vegetales contienen naturalmente mayor cantidad de potasio que de sodio. El magnesio está en cantidades importantes en el grano entero de maíz, al igual que en semillas, nueces y otros cereales integrales. El maíz tiene cantidades sumamente variables de hierro, el zinc es esencial para la actividad de más de 70 enzimas y forma parte de proteínas que actúan como receptores hormonales e intervienen en el crecimiento.

El maíz es una buena fuente de fibra de ambos tipos, soluble e insoluble por lo que se aconseja su consumo en caso de estreñimiento y niveles elevados de colesterol y triglicéridos en la sangre.

En las variedades comunes el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11% del peso del grano. Pero se debe tener en cuenta que son de bajo valor nutritivo por cuanto carece de lisina y de triptófano, dos aminoácidos esenciales. (Anónimo 5, 2012).

El maíz es rico en carbohidratos. Además es rico en vitamina A. también contiene vitamina B, C, ácido fólico y contiene mucha fibra. Las diferencias de color se deben a las concentraciones de diversos pigmentos como carotenoides y flavonoides, que funcionan en la prevención de enfermedades degenerativas.

Una porción de maíz dulce, los granos de media mazorca, proporcionan 4 gramos de proteínas. Esta ración contiene sólo 90 calorías y 18 gramos de hidratos de carbono, incluyendo 2 gramos de fibra dietética y 5 gramos de azúcar. Una porción de maíz también contiene 250 mg de potasio, un 10 por ciento de la cantidad diaria recomendada de vitamina C y un 2 por ciento del consumo diario recomendado de hierro y vitamina A. El maíz dulce contiene un poco más de grasa que otros vegetales, con 2,5 gramos por ración. (Anónimo 7, 2013).

➤ **Melaza.**

La denominación melaza se aplica al efluente final obtenido en la preparación del azúcar mediante una cristalización repetida. El proceso de evaporación y cristalización es usualmente repetido tres veces hasta el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las melazas ya no permiten la cristalización adicional de la sacarosa. (Swan y Karalazos, 1990 citado por Fajardo y Sarmiento, 2007).

La melaza es una mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar invertida, sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo e caña localizada, así como los formados durante el proceso de manufactura del azúcar. Además de la sacarosa, glucosa, fructosa y rafinosa los cuales son fermentables, las melazas también contienen sustancias reductoras no fermentables (tabla). estos compuestos no fermentables reductores de cobre, son principalmente caramelos libres de nitrógeno producidos por el calentamiento requerido por el proceso y las melanoidinas que si contienen nitrógeno derivadas a partir de productos de condensación de azúcar y aminocompuestos, Honig, (1974) citado por Fajardo y Sarmiento, (2007).

➤ **Composición de la melaza.**

La composición de las melazas es muy heterogénea y puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de caña de azúcar, suelo, ebullición del azúcar, tipo y capacidad de los evaporadores, entre otros. Por otro

lado, la melaza de caña se caracteriza por tener un pH de 5.0-6.1%. (Castro, 1993 citado por Fajardo y Sarmiento, 2007).

La melaza es portadora de energía de fácil aprovechamiento por el animal, la cual representa del 70 al 75% del valor energético del maíz. (Olsen y Allermann, 1991 citado por Fajardo y Sarmiento, 2007).

#### **4.4.2. Formulación de dietas balanceadas.**

El objetivo de la formulación y elaboración de raciones balanceadas, es calcular a partir de una serie de materias primas o insumos alimenticios, una combinación o mezcla que cubra los requerimientos nutricionales de la especie a la cual va dirigida dicho alimento y al más bajo costo, con la finalidad de que la crianza a realizar sea más rentable. (Guevara, 2003).

Para formular una ración balanceada se requiere conocer lo siguiente:

- Fisiología y hábitos alimenticios de la especie a cultivar.
- Especie o tipo de animal sujeto a crianza.
- Requerimientos nutricionales.
- Composición química de los diferentes insumos.
- Valor nutritivo y calidad del alimento.
- Aspectos económicos.
- Tipo de procesamiento requerido.
- Estabilidad, palatabilidad y atractabilidad.
- Calidad del agua.
- Rendimiento en cantidad y calidad. (Guevara, 2003).

#### **4.4.3. Métodos de Formulación de Raciones.**

La formulación de una ración puede ser parcial o completa, según se ajuste a todos los elementos nutricionales; en la formulación parcial se puede ajustar solo

proteínas y/o energía o algún otro nutriente. En la formulación completa deben ajustarse todos los elementos nutricionales como proteínas, aminoácidos, lípidos, fibra, carbohidratos, energía, vitaminas, minerales. En cualquiera de los dos casos se deberá conocer la composición química de los diferentes insumos a ser utilizados en la formulación, con el fin de determinar la proporción de cada uno de ellos dentro de la mezcla final.

Para formular la ración existen varios métodos, desde los más simples hasta los más complejos y tecnificados, entre ellos tenemos:

- Prueba y error.
- Ecuaciones simultáneas.
- Cuadrado de Pearson.
- Programación lineal. (Guevara, 2003).

El método más sencillo para el cálculo de raciones balanceadas es el de Prueba y Error, siendo el de Programación Lineal el utilizado en la formulación científica de alimentos. En la medida en que el número de ingredientes y requerimientos sea mayor, se hará más compleja la formulación, por lo cual se deberá recurrir a programas en computadoras.

Finalmente, lo que se persigue es lograr una fórmula óptima y económica, que cubra las necesidades nutricionales con un balance adecuado de los nutrientes que aportan los insumos usados. Dicho balance cuando se posee muchos insumos y/o nutrientes, se realiza mediante el uso de Programas computacionales, en cambio cuando se usan pocos insumos y/o nutrientes el balance se realiza con métodos simples como el de Prueba y Error, Ecuaciones simultaneas o Cuadrado de Pearson. (Guevara, 2003).

- **Cuadrado de Pearson.**

Es uno de los métodos sencillos, realizando el balance en base a uno de los nutrientes, además utiliza relativamente pocos insumos o ingredientes. Este

método toma en cuenta los requerimientos totales de los nutrientes y el balance es en base a un (01) nutriente, ya sea proteína, NDT, grasas, calcio, fósforo, etc. pero generalmente el más empleado es en base al ajuste de la proteína.

En la mayoría de dietas para animales la proteína es el nutriente más preocupante debido a su rol en la generación de crecimiento y formación de tejidos y a su costo. El nivel de energía deseado en la dieta es ajustado por la adición de suplementos altamente energéticos los cuales son menos costosos.

El Cuadrado de Pearson tiene 02 modalidades o formas:

- Pearson Simple: El cual usa 02 ingredientes.
- Pearson Modificado: El cual usa más de 02 ingredientes.

✓ **Pearson simple:**

Problema

Queremos elaborar una ración para crecimiento de Carpas y obtener una máxima ganancia de peso (crianza semi intensiva). Se desea elaborar 100 kg de alimento y los datos que se posee son los siguientes:

Requerimientos de la especie:

Proteína ----- 35%

Carbohidratos -- 35%

Grasa máx. ----- 10%

Tabla No 7. Ingredientes ó insumos con los que se cuenta en almacén y su composición química:

<b>INSUMOS</b>	<b>% Prot.</b>	<b>%CHOs</b>	<b>% Lípidos</b>
Harina de pescado	62	1.0	8-13
Subproducto de trigo	17.8	62.8	4.9

(Guevara, 2003).

✓ **Balanceo:**

Requerimiento 35%

Harina de pescado  $35 - 17.8 = 17.2$

Sub trigo 62-35=27.0

ST 44.2 partes

Esto significa que una ración conteniendo 17.2 partes de harina de pescado y 27 partes de subproducto de trigo, proporcionarán una ración balanceada que tendrá 35 % de proteína total, pero esta mezcla es sobre la base de 44.2 partes, la cual no es práctica, por lo que deberá prepararse sobre la base de 100 kg.

(100%).

Cantidad de harina de pescado:  $100 \times 17.2 / 44.2 = 38.9$  kg H.P.

Cantidad de sub. producto de trigo:  $100 \times 27 / 44.2 = 61.1$ kg S. T.

Total: 100,00 kg.

Tabla No. 8 Fórmula en base a 100 kilogramos de alimento:

Insumos	Kilogramos
Harina de pescado	38.9
Sub de trigo	61.1
TOTAL	100

(Guevara, 2003).

✓ **Cuadrado de Pearson modificado con espacio libre.**

Este método es utilizado para formular dietas con un número ilimitado de materias primas, teniendo en cuenta durante el balanceo una serie de restricciones tales como composición química, digestibilidad, factores antinutricionales, factores tóxicos, disponibilidad, uso limitado, inclusión de suplementos fijos como vitaminas, minerales , antioxidantes, antibióticos, aglutinantes, aceites. (Guevara, 2003).

Problema

Se desea preparar una dieta de 25% de proteína total, teniendo como insumos harina de pescado, harina de carne, harina de sangre, harina de sorgo, harina de

maíz, harina de arroz, cuya composición química se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla No. 9. Composición química de insumos.

Insumos y/o ingredientes	Comp. Química: proteína total %
Harina de pescado	60.0
Harina de carne	53.0
Harina de sangre	75.0
Sorgo	10.6
Maíz	9.6
Arroz	7.5

(Guevara, 2003).

Se establecen 2 grupos de insumos:

- Insumos proteicos por encima del requerimiento establecido: harinas de pescado, carne y sangre.
- Insumos base por debajo del requerimiento proteico: sorgo, maíz, arroz más los suplementos fijos: Vitaminas, minerales, ligante, etc.

Se establece la proporción de insumos proteicos y de insumos base, la cual podría ser: 20:80, 25:75, 30:70, 40:60, etc., en nuestro caso utilizaremos la proporción 40:60. Se establece luego las proporciones o partes de los insumos dentro de cada grupo según restricciones, como por ejemplo costo, digestibilidad, composición, toxicidad, disponibilidad, etc. (Guevara, 2003).

Para este caso podría ser:

#### **Insumos Proteicos**

Harina de pescado: 15 partes.

Harina de carne: 20 partes.

Harina de sangre: 5 partes.

Total: **40 partes.**

#### **Insumos Base + Suplementos**

Sorgo: 15 partes.

Maíz: 20 partes.

Arroz: 20 partes.

Suplementos: 5 partes.

Total: **60 partes.**

Tabla No. 10. Porcentaje de proteína total que aporta cada grupo:

Insumo	% proteína	Factor	Partes	Aporte proteico
Harina de pescado	60	0.60	15	9.00
Harina de carne	53	0.53	20	10.6
Harina de sangre	75	0.75	5	3.75
Total			40	23.35

(Guevara, 2003).

23,35 ----- 40 partes.

X ----- 100 partes X= 58,37 % PT.

Tabla No.11. Aporte proteico de insumos según la cantidad de partes.

Insumo	% proteína	Factor	Partes	Aporte proteico
Sorgo	10.6	0.106	15	1.59
Maíz	9.6	0.96	20	1.92
Arroz	7.5	0.75	20	1.5
Suplementos	---	---	5	---
Total			60	5.01

(Guevara, 2003).

5,01 ----- 60 partes.

X ----- 100 partes x = 8,35 % PT.

Luego se procede a realizar los cálculos con el Cuadrado de Pearson:

25% requerimiento

Insumos proteicos  $16.65/50.02 \times 100 = 33.29\%$

Insumos bases  $33.37/50.02 \times 100 = 67.71\%$

Esto nos indica que los Insumos proteicos deberán incluirse en un 33,29% y los Insumos base más los suplementos en un 66,71% para obtener una dieta con un contenido de proteína total de 25%.

Luego se determina el porcentaje de mezclado de cada uno de los insumos alimenticios (En base a 100 kilos).

H. pescado  $33,29 \times 15/40 = 12,48$

H. carne  $33,29 \times 20/40 = 16,65$

H. sangre  $33,29 \times 5/40 = 4,16$

Sorgo  $66,71 \times 15/60 = 16,68$

Maíz  $66,71 \times 20/60 = 22,24$

Arroz  $66,71 \times 20/60 = 22,24$

Suplementos  $66,71 \times 5/60 = 5,56$

**Total: 100 kilos.**

Tabla No.12. Insumos y % proteico por kilos.

<b>Insumo</b>	<b>Kilos</b>	<b>Factor</b>	<b>% proteína</b>
H. de pescado	12.48	0.60	7.49
H. de carne	16.65	0.53	8.82
H. de sangre	4.16	0.75	3.12
Sorgo	16.68	0.106	1.77
Maíz	22.24	0.096	2.14
Arroz	22.24	0.075	1.67
Suplementos	5.56	---	---
Total	100		25%

(Guevara, 2003).

#### **4.4.4. Proceso de fabricación.**

En el proceso de fabricación de los alimentos concentrados se realizan una serie de operaciones como son:

##### ➤ **La molienda.**

Se refiere a la reducción del tamaño de los insumos, tales como granos de cereales, pescado, levadura seca, etc. Los cuales tienen tamaños y densidades distintas. Con la molienda se logra:

- Obtención de una mezcla homogénea, de tal manera que en la ración diaria se encuentren presentes todos los componentes y en la proporción adecuada.
- Facilita la destrucción de factores antinutricionales termolábiles.
- Aumenta la superficie específica, mejorando de esta manera la digestibilidad de los nutrientes.
- El alimento compuesto molido adecuadamente mejora el proceso de peletización, se prolonga la vida de los dados, facilita la penetración del vapor dentro de las partículas.
- Mejora las propiedades de la mezcla de cada uno de los ingredientes y la densidad del ingrediente alimenticio. (Guevara, 2003).

En la elaboración de alimentos concentrados para peces se recomienda pasar todos los ingredientes, después de molidos, por una malla de 0,25 mm para mezclas y granulados de iniciación y por una malla de 0.35 mm para pellets de reproductores o de crecimiento, obteniéndose máximos beneficios nutricionales al proporcionar los tamaños de partícula adecuados para el animal.

Existe una gran variedad de molinos para el proceso de molienda, siendo el más utilizado en la industria de concentrados el molino de martillos, en general consta de una cámara de molienda en donde se encuentra el rotor que contiene los martillos, en la parte interior y cubriendo la mayor superficie se encuentra una rejilla a manera de tamiz, esta última es intercambiable de acuerdo con el tamaño de partícula deseada, el molino es alimentado a través de una tolva localizada en la parte superior. Se debe tener un sistema de imanes para evitar el paso de elementos metálicos que puedan dañar los martillos. (Guevara, 2003).

#### ➤ **Mezclado.**

Se refiere a la incorporación y mezcla homogénea de todos los insumos que constituyen la fórmula, con un peso definido en una distribución homogénea. Con

este paso se espera que todos los principios nutritivos de la fórmula original estén presentes en la ración a suministrar al animal.

En el proceso de mezclado intervienen varios factores:

**Electricidad estática:** Se refiere al roce entre las partículas y contra las paredes de la mezcladora, lo que hace que dichas partículas se carguen eléctricamente, impidiendo la mezcla de ellas, siendo necesario colocar un cable a tierra desde la mezcladora.

**Forma de las partículas:** Las formas esféricas y lisas tienen menor asociación que las formas angulosas.

**Tamaño y densidad:** Las harinas con tamaño y densidad semejantes son más fáciles de mezclar. (Guevara, 2003).

**Proporción y tiempo:** Los ingredientes como las vitaminas, minerales, antioxidantes, aglutinantes, etc. Necesitan mayor tiempo de mezclado para que su distribución sea homogénea en toda la mezcla. Se recomienda para asegurar una distribución uniforme, realizar una pre mezcla de estos ingredientes con un 1 a 5% de la mezcla final total.

**Introducción de componentes líquidos:** La introducción de aceites de pescado, grasas, melazas, etc, en la mezcla seca se puede hacer mediante bombas de presión y toberas de aspersion durante el proceso de aglomeración, adicionándolos en el producto final seco mediante aspersion.

El proceso de mezclado se realiza en mezcladoras de tipo vertical u horizontal, siendo más eficientes las últimas. Las mezcladoras constan de un cilindro atravesado por un eje con paletas dispuestas en forma helicoidal, pudiendo variar el diseño.

➤ **Aglomeración o Peletización.**

Consiste en la transformación de la mezcla homogénea en gránulos o pastillas (pellets) mediante un proceso de compresión, calentamiento y adhesión. La mezcla pasa continuamente por una cámara de acondicionamiento en donde se adiciona un 4 a 6 % de agua (usualmente como vapor), proporcionando una lubricación adecuada para la compresión y en presencia de calor se causa la gelatinización del almidón contenido en los ingredientes vegetales, dando como resultado la adhesión necesaria para la formación de los gránulos o pellets.

El proceso mecánico es realizado en una peletizadora, donde la mezcla acondicionada con vapor de agua se hace pasar a través de los agujeros de una matriz anular, el material sale en forma de fideo el cual es cortado con unas cuchillas obteniéndose gránulos con diámetros entre 2–10 mm con una longitud de dos a tres veces el diámetro. (Guevara, 2003).

En general la peletizadora consta de 04 secciones:

- Alimentación: Presenta un sistema de tornillo sin fin.
- Acondicionamiento: En donde se inyecta vapor de agua a una presión de 2 a 3 kg/cm<sup>2</sup>, una temperatura de 120 °C y humedad determinada, con lo que la harina se calienta de 50 a 90<sup>o</sup> °C aumentando la humedad hasta un 16 %.
- Compactación: La masa se comprime aumentando su densidad de 0,5 a 0,7 g/cc además se aumenta la temperatura en 5 a 10 °C por frotamiento. Las masas ricas en proteínas compactan bien, mientras en las que contienen fibra ocurre lo contrario.
- Corte: El material compactado sale en forma de fideos el cual es cortado por cuchillas.

➤ **Enfriado y secado.**

Al finalizar el proceso de peletización, los gránulos salen calientes y húmedos teniéndose que realizar un proceso de enfriamiento y remoción del exceso de

humedad para poder manipularlos y almacenar en buenas condiciones. Este proceso se realiza por medio de una corriente de aire. Comercialmente este proceso es realizado en secadores – enfriadores de tipo horizontal o vertical, los cuales cuentan con una cámara en donde circula el aire a temperatura ambiente. (Guevara, 2003).

➤ **Peletizado por extrusión.**

El proceso de obtención de alimento extruido es similar al efectuado en la granulación comprimida, con la diferencia que el acondicionamiento de la mezcla se realiza con humedad, temperaturas y presión mayores, el porcentaje inicial de humedad de la mezcla es de 20 a 30%, la temperatura de acondicionamiento es de 65 a 95 °C, una vez logrado esto, la mezcla es llevada a un barril de extrusión presurizado en donde es cocinada a una temperatura de 130 a 180 °C las cuales se logran por medio de calor y presión mecánica (50 kg./cm<sup>2</sup>) durante 10 a 60 segundos dependiendo del tamaño de partícula de los insumos, de la composición de la mezcla y de las propiedades físicas requeridas. La mezcla cocida es extruída al pasar por un tornillo ahusado, siendo obligada a pasar a través de una matriz plana (dado) hacia el final del barril de extrusión presurizado. Al salir hacia el exterior del barril el material se expande y pierde humedad por la caída brusca de la presión y temperatura. En el proceso de cocción los almidones alcanzan un grado de gelatinización del 90% proporcionando al pellets gran estabilidad en el agua. (Guevara, 2003).

#### **4.5. Tabla de alimentación (Cultivo semi-intensivo)**

Las tablas de alimentación son necesarias por varias razones, especialmente para los piscicultores que inician.

Les prevee una guía. Sin embargo no son una receta que deba seguirse al pie de la letra pues el lugar y las condiciones donde se determinaron esos porcentajes,

las condiciones del mercado y los planes del dueño del proyecto son muy heterogéneos. (Tsang y Quintanilla, 2008).

A continuación se muestra el porcentaje de alimento que se recomienda en un cultivo de tilapia semi-intensivo. Ver Tabla N° 13.

Tabla N° 13. Porcentaje de alimento según el peso.

Peso (gr)	Edad (semanas)	Porcentaje de alimento (%)
1-10	2	15.0
11-35	4	10.0
36-75	6	5.0
76-125	8	3.5
126-180	10	2.8
181-230	12	2.5
231-260	14	2.3
261-290	16	2.0
291-345	18	1.8

(Tsang y Quintanilla, 2008).

#### 4.6. Formas de alimentación

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

➤ **Alimentación en un solo sitio.**

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

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

➤ **Alimentación en L.**

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

➤ **Alimentación periférica.**

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

Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con tiempo horario, con bandejas, etc. Sin embargo, por su costo elevado se convierten en sistemas antieconómicos y sirven solamente en explotaciones donde se sobrepase la relación costo beneficio. (Cantor, 2007).

#### **4.7. Buenas prácticas acuícolas (BPA) en la tilapicultura.**

Las BPA en la actualidad más que un atributo, son un componente de competitividad, que permite al productor rural diferenciar su producto de los demás oferentes, con todas las implicancias económicas que ello hoy supone (mayor calidad, acceso a nuevos mercados, consolidación de los actuales, reducción de costos, etc.). Las BPA, constituyen una herramienta cuyo uso persigue la sustentabilidad ambiental, económica y social de las explotaciones acuícolas, especialmente la de los pequeños productores subsistenciales, lo cual debe

traducirse en la obtención de productos alimenticios y no alimenticios más inocuos y saludables para el autoconsumo y el consumidor. (Haro y Elizabeth, 2011).

El desarrollo e implementación de un programa consistente en Buenas Prácticas es muy importante durante la producción de la Tilapia, que por sus características intrínsecas y fácil crianza, ha tomado gran impulso en el mercado. Otorga una gran cantidad de beneficios a quien está a cargo de su manejo y comercialización, principalmente facilitará la acreditación de los productos obtenidos bajo este esquema. (García y Calvario, 2008)

Para lograr la producción de tilapia de acuerdo a los criterios de inocuidad de los alimentos, se recomienda considerar los siguientes aspectos para la aplicación de las BPA:

- Una selección adecuada del sitio de cultivo indica que la granja deberá utilizar un abastecimiento de agua que no esté en riesgo de contaminación por descargas de otros afluentes. Se debe contar con una buena calidad del agua, tanto química como microbiológica, durante todo el ciclo de cultivo y en cantidad suficiente de acuerdo a la capacidad de carga de la granja y las metas de producción. Así mismo, los parámetros físico-químicos del agua en la granja deben cumplir con los requerimientos para la especie.
- El sitio elegido o sus alrededores no debe tener un historial de uso agrícola que haya ocasionado la contaminación del suelo con plaguicidas u otras sustancias químicas.
- El diseño y construcción de un centro de producción acuícola adecuado a las necesidades del cultivo, en donde las diferentes áreas del proceso de cultivo sean independientes.
- El mantenimiento de la higiene en todas las instalaciones, además de los materiales y utensilios en la granja, así como del personal que labora en ella.

- El uso de alimentos balanceados que cumplan los requerimientos nutricionales de los peces y de las normas que rigen la calidad sanitaria de los mismos. Se debe tener un control estricto sobre el manejo del alimento y la alimentación de los peces en la granja.
- El manejo adecuado de los peces durante el proceso productivo, por ejemplo evitar el uso de densidades altas de peces que causan estrés, y la incorporación de medidas sanitarias preventivas ayudan a disminuir las probabilidades de aparición de enfermedades infecciosas y el uso de fármacos y otros compuestos químicos.
- Procedimientos de producción adecuados durante el ciclo de cultivo que eviten la contaminación de los peces. Por ejemplo, la utilización de cualquier sustancia química en la granja debe realizarse de forma responsable y por personal capacitado.
- El uso de huevos o alevines producidos en criadero, que estén libres de cualquier contaminación biológica o química y con calidad certificada.
- Todo el personal que labora en la granja debe tener un entrenamiento o capacitación que le permita entender la importancia de una adecuada aplicación de las BPA. (Suárez, 2011)

- **Calidad de agua**

La calidad del agua incluye todos los factores físicos, químicos y biológicos que influyen en la producción de especies acuáticas. Las prácticas de manejo de cultivos de peces tienen como objetivo mantener las condiciones químicas y biológicas adecuadas en el medio.

El buen crecimiento de los organismos acuáticos depende en gran parte en la calidad del agua del cultivo. Múltiples factores pueden interactuar para alterar las

propiedades fisico-químicas del agua. Un cambio repentino de la temperatura o de la concentración de oxígeno disuelto en el agua puede resultar en una mortalidad masiva de los animales.

Cambios menos drásticos pueden afectar la capacidad de los organismos de resistir los patógenos que siempre están presentes en el agua del cultivo. Problemas crónicos con condiciones sub-óptimas resultaran en un ritmo lento de crecimiento y una mayor tasa de mortalidad de los peces.

Para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones ambientales del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie siendo cultivada. Se lograra una producción máxima cuando todos los factores que influyen sobre el desarrollo del organismo se acercan a su punto óptimo. (Meyer, 2004).

Muchos parámetros del agua pueden estar en desequilibrio y ocasionar problemas en los organismos acuáticos, muchos de ellos son fáciles de identificar rápidamente como: boqueo, barbeo, inapetencia, podredumbre de las aletas, hongos en la piel, y que en muchos casos son ocasionados por la alteración de ciertos parámetros como pH, temperatura, amonio, nitritos, fosfatos y gases disueltos, se recomienda un control para éstos. (Cantor, 2007).

#### **4.7. Factores físicos químicos del agua.**

Poot, et al. 2009, citado por López y Cruz, (2011), manifiesta que para cultivar tilapia es importante tomar en cuenta las propiedades fisicoquímicas del agua. Estas deben mantenerse dentro de los rangos óptimos para garantizar el desarrollo de los peces.

##### **➤ Oxígeno Disuelto**

La concentración y disponibilidad de oxígeno disuelto son factores críticos para el cultivo de tilapia. Es uno de los aspectos más difíciles de entender, predecir y

manejar y tiene mucho que ver con las mortandades, enfermedades, baja eficiencia en conversión de alimento y la calidad de agua. Normalmente, en los cuerpos de agua ricos en nutrientes, el oxígeno es abundante a mediados de la tarde y bastante limitado al amanecer.

Un factor que causa considerables variaciones en los niveles de oxígeno en el agua es el estado del tiempo y particularmente si el tiempo está nublado. La luz solar y el plancton, a través del proceso de fotosíntesis, son responsables de gran parte del oxígeno producido.

Por lo tanto, cuando se dan condiciones de baja luminosidad y se restringe el proceso de fotosíntesis se dan problemas con niveles críticos de oxígeno. (Saavedra, 2006).

Es el requerimiento más importante, al igual que la temperatura, para los cultivos de las especies hidrobiológicas. Su grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y el pH.

La concentración de Oxígeno Disuelto varía de acuerdo con la profundidad, del estancamiento del agua y de la estratificación térmica. En aguas totalmente estratificadas, se carece de oxígeno en sus capas más bajas (hipolimnio), en donde el oxígeno es consumido pero no producido, mientras que en las capas superficiales se mantienen niveles aceptables de oxígeno, producidos por la fotosíntesis.

La Tolerancia a bajos niveles de Oxígeno es muy variable según la especie. Por ejemplo: las Tilapias pueden sobrevivir extrayendo el OD de la interface agua-aire que en algunos casos puede estar por debajo de 1 mg/l, mediante el sistema de “boqueo”. (Cantor, 2007)

El rango óptimo está por encima de los 4.5 mg/l. A continuación se da a conocer los niveles de oxígeno (mg/l) y sus efectos. Ver Tabla N° 14.

Tabla N° 14. Niveles de Oxígeno Disuelto para el cultivo de tilapia y su efecto en los organismos.

niveles de oxígeno (mg/l)	Efectos
0,0 – 0,3	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
0,3 – 2,0	Letal en exposiciones prolongadas.
3,0 – 4,0	Los peces sobreviven pero crecen lentamente.
> 4,5	Rango deseable para el crecimiento del pez.

(Poot, et al. 2009, citado por López y Cruz, 2011)

Si bien las tilapias toleran en general las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, existen diferencias entre las fases de cultivo y según las densidades empleadas. Por ejemplo, para alevinos de entre 10 y 25 gramos de peso, Kubitza señala que soportan concentraciones de 0,4 a 0,7 mg/litro durante 3 a 5 horas (medidas entre 2 a 4 semanas consecutivas por la mañana, sin registrarse mortalidades). Green et al, 1984, informaron por su lado, que la tilapia del Nilo tolera oxígeno cero (anoxia) hasta por 6 horas consecutivas, sugiriendo la posibilidad de que estos peces posean respiración anaeróbica. Sin embargo, como todos los peces de cultivo, las tilapias sometidas a este tipo de régimen o a una fuerte disminución de este gas, son más susceptibles a contraer enfermedades y su respuesta en crecimiento es mucho menor a la normal. (Citado por Luchini, 2006).

- **Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto.**

- ✓ Descomposición de la materia orgánica.
- ✓ Alimento no consumido.
- ✓ Heces.
- ✓ Animales muertos.
- ✓ Aumento de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura (variación de la temperatura del día con respecto a la noche).
- ✓ Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que conforman la productividad primaria).

- ✓ Desgasificación: salida del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
  - ✓ Nubosidad: en días opacos o nublados las algas no producen el suficiente oxígeno.
  - ✓ Aumento de sólidos en suspensión: residuos de sedimentos en el agua, heces, etc.
  - ✓ Densidad de siembra.
- **Consecuencias de las bajas prolongadas de oxígeno.**
    - Disminuye la tasa de crecimiento del animal.
    - Aumenta la conversión alimenticia (relación alimento consumido / aumento de peso).
    - Se produce inapetencia y letargia.
    - Causa enfermedad a nivel de branquias.
    - Produce inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades.
    - Disminuye la capacidad reproductiva.

La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1.0 mg/l), no obstante, el efecto de estrés al cual se somete es la principal causa de infecciones patológicas. Los niveles mínimos de oxígeno disuelto para mantener un crecimiento normal y baja mortandad se debe mantener un nivel superior a los 3.0 mg/l, valores menores a éste reducen el crecimiento e incrementan la mortandad. (Cantor, 2007).

➤ **Temperatura**

Normalmente todos los organismos acuáticos de aguas frías, templadas y cálidas susceptibles de cultivo, tienen un rango óptimo de temperatura, y comienzan a tener problemas con las temperaturas subóptimas (por debajo o por encima del rango óptimo) llegando a ser letales, ya que afecta directamente la tasa metabólica del pez.

Los peces son animales poiquiloterms (su temperatura corporal depende de la temperatura del medio) y altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura). Por lo que en muchas especies variaciones bruscas de solo 2°C ocasionan tensión y muerte de los mismos. (Cantor, 2007).

El rango óptimo de temperatura del agua para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28 y 32°C, con variaciones de hasta 5°C. (López y Cruz, 2011)

Saavedra, (2006) señala que cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 °C no sobreviven mucho tiempo.

Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, cuando se presentan cambios repentinos de 5 °C en la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces muere. Cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11 °C.

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

En regiones donde las temperaturas se sitúan entre los 18 - 15°C o menos, en forma continua, no es posible cultivarlas en estanques o jaulas a cielo abierto, ya que por debajo de estas temperaturas el sistema inmunológico de estos peces se suprime y son altamente susceptibles a las enfermedades. Temperaturas dentro de la franja comprendida entre los 8 y 10°C son generalmente letales. A temperaturas por encima de 38°C el estrés térmico también suele causar mortalidades altas. Wicki y Gromenida, 1997 citado por (Luchini, 2006).

Según Cantor 2007, establece que las variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche deben subsanarse con el suministro de alimentos con

porcentajes altos de proteína (30%, 32%, etc) y uno de los problemas más importantes, es que a temperaturas subóptimas los peces dejan de alimentarse, el sistema inmune se debilita, y los peces se tornan altamente susceptibles a enfermedades, mortalidad por manipulación, se inhibe la reproducción, etc.

En estanques profundos sin recambio eficiente de agua, se presenta estratificación termal del agua, por la diferencia de las densidades, el agua caliente es menos densa que la fría, y entre ellas se forma una línea limítrofe llamada TERMOCLINA, la cual impide el paso de oxígeno desde la superficie (epilimnio) hacia aguas más profundas (hipolimnio) y la salida de gases tóxicos desde aguas profundas hacia la atmósfera. (Cantor, 2007).

#### ➤ pH

Es la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La gran mayoría de los organismos acuáticos sobreviven sin problemas en aguas neutrales (pH = 7.0) o ligeramente alcalinas. La Basicidad o Acidez del agua se ve influenciada directamente por la concentración de CO<sub>2</sub>. (Cantor, 2007)

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

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

Valores superiores o inferiores a ese margen pueden generar cambios en el comportamiento de los peces, como letargia e inapetencia o implicar graves trastornos en las tasas de crecimiento, reproducción y sobrevivencia. Valores cercanos a 5 provocan la muerte por fallos respiratorios en un periodo de 3 a 5

horas, además de causar pérdida de pigmentación y aumento de la secreción del mucus. (Tsang y Quintanilla, 2008).

En aguas con pH 2,0 sobreviven solamente durante 12 horas. Frente a una exposición en aguas ácidas, se produce la destrucción total del tejido branquial que es, por otra parte, el tejido esencial para la respiración y excreción en los peces. A pH por encima de 10, las mortalidades son también significativas. (Kubitza, 2000 citado por Luchini, 2006).

En aguas ácidas (por debajo de 6.0), el crecimiento se reduce, pérdida del apetito (inapetencia), hay problemas de aletargamiento, disminuye la fecundidad, la piel se decolora por excesiva producción de mucus, la muerte se produce por falla respiratoria. (Cantor, 2007).

#### ➤ **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).

#### 4.8. Parámetros poblacionales.

##### ➤ **Crecimiento Acumulado**

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

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

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

Garcés Ricardo, (2001) analizó el crecimiento de dos líneas de tilapia, estas fueron la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Estas fueron sembradas a cinco alevines por metro cuadrado con un peso promedio de 0.4 gramos/pez. En 45 días de cultivo el crecimiento de los alevines fue similar para las dos líneas de tilapia y habían alcanzado un peso promedio de 18.1 y 17.0 g. respectivamente.

La tilapia crece influenciada por la especie o línea de que se trate, así como la cantidad y calidad de alimento, la calidad del agua y la temperatura, el sexo de los peces, la edad, talla, salud y densidad de siembra inicial. Los machos de líneas puras de *O. niloticus* y los híbridos de esta especie, son considerados como los de mejor crecimiento. Los ejemplares de *O. niloticus*, sembrados a 20-30 g y con alimentación de nutrición óptima, calidad y temperatura, pueden alcanzar (en el trópico) 450-500 g en un período de 6 meses (en subtrópico probablemente se

extenderá más en tiempo). La *O. niloticus* cultivada en condiciones óptimas e ideales podrá crecer desde larvas de 1 g hasta 600-800 g en 1 año o más (en subtrópico), ya que fuera de la estación con “mejores temperaturas” para la especie, el crecimiento disminuirá. También se deberá poner atención, debido a que la tilapia muere por debajo de los 10°C. El crecimiento de la tilapia roja puede ser especialmente impredecible debido al desconocimiento del parentesco de muchos híbridos de líneas rojas cultivadas en el mundo. (Anónimo 2, 2003).

#### ➤ **Ritmo de Crecimiento**

Se mide como el incremento en peso o en longitud. El crecimiento está influenciado por la temperatura del agua, disponibilidad del oxígeno, sólidos suspendidos por partículas de alimento, heces fecales, microalgas y pobres recambios del agua, calidad del agua y enfermedades respiratorias.

Un crecimiento de dos gramos al día se considera regular, es aceptable de 3.5 a 4.0 gr/día y es bastante bueno arriba de 5.0 gr/día. Un sistema bien equilibrado puede dar un crecimiento en peso de más de 4.0 gr/día.

García A. et al 2011 realizó un experimento donde encontró como resultado durante ocho semanas un ritmo de crecimiento de 7.66 gr por semana llevados a un crecimiento diario 1.09 gr. y un peso inicial de 3.8 gramos hasta alcanzar un peso final de 85.2 gramos a una densidad de siembra de cinco alevines por metro cuadrado y los peces fueron alimentados dos veces al día a saciedad.

Lo que se acostumbra es hacer una selección de tamaños y sembrar tallas uniformes en un solo tanque, cuando es posible también se puede disminuir el número de peces para acelerar el crecimiento. (Anónimo 6, 2012).

### ➤ **Tasa de Crecimiento**

La tasa de crecimiento, es conocida como "tasa de crecimiento instantánea" (TCI) y utilizada por muchos investigadores para evaluar el crecimiento de los peces en función del peso final, peso inicial y días de crecimiento, empleando la expresión:

$$TCI = (\ln Pf - \ln Pi)/t$$

La utilización de este modelo es problemática debido a que los valores de TCI disminuyen a medida que aumenta el peso de los peces, por lo que subestima el peso ganado entre el peso inicial y el final, y sobrestima la predicción de peso para pesos superiores al peso final utilizado. (Jover, 2000)

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 a una densidad de siembra de cinco alevines por metro cuadrado y los peces fueron alimentados dos veces al día a saciedad.

### ➤ **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.

Al final del ciclo se puede acumular un 10% de mortalidad. De esta un 5% resulta de la fase de reproducción, pues es poco el número de alevines que no logran adaptarse con éxito a las condiciones que imperan el tanque-arena. Debido al estricto control de las condiciones ambientales y de alimentación, en el área de alevinaje la mortalidad es muy baja (menor de 1%) en tanto que durante el proceso de engorda, con buenos sistemas de control solo es de un 5%. Morales et al, 1988 citado por (Camacho et al ,2000).

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

➤ **Factor de Conversión Alimenticio**

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

Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración.

El FCA también depende de la edad del pez. Los mejores valores se encuentran en peces jóvenes y el FCA aumenta lentamente con la edad del pez hasta tender a infinito cuando el pez alcanza su peso máximo y deja de crecer. (Saavedra, 2006).

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

Según Anónimo 3, (2004) establece que para el cultivo de tilapia en un sistema semi-intensivo; Pre- engorde el factor de conversión alimenticia es cercano a 1.6 - 1.8.

### ➤ Rendimiento Productivo

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

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

Chacón, (2009), registró un rendimiento productivo para tres especies de tilapias *O. aureus* con 23.86 Kg/ m<sup>3</sup> *O. niloticus* 22.45 Kg/m<sup>3</sup> Rocky mountain white 25.85 Kg/m<sup>3</sup> en 257 días de cultivo.

### 4.9. Análisis Estadístico.

Para realizar un contraste t de Student para dos muestras independientes con Excel podemos usar las herramientas de análisis de datos que este programa posee para tal efecto. En la versión de Excel 2003, las herramientas de análisis de datos las puede encontrar en el menú Herramientas, análisis de datos.

Seleccione la prueba t suponiendo varianzas iguales, y cumplimente los datos requeridos. El resultado para el problema que estamos trabajando es el siguiente:  
Ver Tabla N° 15.

Tabla N° 15. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Variable 1	Variable 2
Media	32,76	31,2133333
Varianza	85,6713514	73,2781982
Observaciones	75	75
Varianza agrupada	79,4747748	
Grados de libertad	148	
Estadístico t	1,06242359	
P(T<=t) una cola	0,14488697	
Valor crítico de t (una cola)	1,65521451	
P(T<=t) dos colas	0,28977394	
Valor crítico de t (dos colas)	1,97612246	

En este caso la aceptación de la hipótesis nula estará en función de la probabilidad del estadístico. Podemos ver como el estadístico  $t = 1,0624$  no coincide exactamente con el calculado de manera manual, esto se debe a que los programas estadísticos emplean muchos más decimales en los cálculos de los que se emplean cuando se usa una calculadora. Además esta tabla de resultados también nos ofrece la probabilidad del estadístico, es decir, el valor p o p-valor, que en el caso bilateral (dos colas) toma el valor 0,28977. Cuando este valor toma una probabilidad superior a 0,025 ( $0,05/2=0,025$ ), asumimos que el estadístico no está debido al azar, por tanto, podemos aceptar la hipótesis nula que afirma que las diferencias entre las medias es igual a cero. También nos ofrece el valor crítico de la mitad derecha de la distribución, tanto para prueba unilateral (una cola), como bilateral (dos colas). Podemos ver como este valor coincide con el calculado mediante la función  $DISTR.T.INV(ALPHA;GRADOS LIBERTAD)$  también de Excel.

El valor de la mitad izquierda de la distribución es el mismo pero en negativo, es decir, -1,976 puesto que la distribución t de Student es simétrica. (Antonio G, 2012)

## **V.- MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Localización del lugar donde se realizó el experimento.**

El estudio se llevó a cabo en finca “La Esperanza”. Situada en la comarca La Leona, municipio de León, en el km 79 carretera a Managua, con coordenadas UTM 518633.00mE 1364647.29mN en un periodo de 25 días.

### **5.2. Dispositivo experimental.**

Este fue estructurado por un reservorio de fibra de vidrio con capacidad de 500 lts, 6 recipientes plásticos con capacidad de 200 lts, adjunto al reservorio un tubo pvc por el cual se transportaba el agua hacia los recipientes.

### **5.3. Diseño experimental.**

Este experimento se realizó con dos tratamientos: 1.- alimento comercial para tilapia 28%, 2.- alimento experimental (melaza + harina de maíz + harina de soya) 28%. Además, se mantuvo con un flujo de agua continua, el cual provenía de un tanque con capacidad de 2500 lts conteniendo agua de pozo, utilizando para la extracción de la misma, una bomba sumergible de 1hp marca Trupper. El sistema de aireación en cada tratamiento fue a través de goteo de agua constante. Los recambios de agua de fondo se realizaron diariamente a las 6am y a las 6pm, extrayendo el alimento no consumido por los organismos así como las heces de los mismos, restituyéndose el agua en un 10% del nivel operativo, con agua almacenada en el reservorio.

#### 5.4. Alimento experimental.

Para formular esta dieta se trabajó con el método del cuadrado de Pearson modificado con espacio libre, ya que en este método se puede utilizar un número ilimitado de materias primas.

Tabla No. 16. Insumos para preparar una dieta de 28% de proteína total, teniendo como insumos harina de soya, harina de maíz.

Insumos y/o ingredientes	Comp. Química: proteína total %
Harina de Soya	36.5
Harina de Maíz	9.6

Elaboración propia

Una vez conociendo el valor proteico de los insumos y la concentración a la cual se llevó el alimento en proteínas se procedió a restar el porcentaje de proteína de cada insumo con la concentración deseada de la mezcla, siempre restando el mayor por el menor para obtener el total de las partes que componen la mezcla, se sumaron los dos valores resultado de la resta de cada insumo.

Para encontrar la proporción de las fuentes se realizó una regla de tres, multiplicando cada parte de los dos insumos por 100 y dividiéndolas por el valor total de las partes.

Para finalizar se multiplicó la proporción de cada insumo balanceado por la cantidad de alimento que se preparó en este caso fue de 1135gr para todo el experimento equivalente a 2.5 libras de alimento experimental a base de melaza, harina de maíz y harina de soya al 28%.

Estableciendo la proporción de insumos proteicos y de insumos base, en nuestro caso utilizamos la proporción 32:68. Ver Tabla N° 17.

Tabla No. 17.- Formula de la ración y verificación de % de proteína				
Insumos	% inclusión	Peso	proteína	% proteína
H. Pescado	0.00	0.00	0.00	0.00
H. Soya	69.87	793.01	289.45	25.50
sorgo	0.00	0.00	0.00	0.00
H. Maíz	30.13	341.99	28.35	2.50
Semolina	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	100	1135	-----	28

Elaboración propia

#### Insumos Proteicos

Harina de Soya: 32 partes.

Total: **32 partes.**

#### Insumos Base + Suplementos

Harina de Maíz: 55 partes.

Suplementos: 5 partes.

Total: **60 partes.**

Tabla No. 18.- Porcentaje de proteína total que aporta cada grupo:

Insumo	% proteína	Factor	Partes	Aporte proteico
Harina de Soya	36.5	0.365	40	25.50
Total			40	25.50

Elaboración propia

25.50 ----- 32 partes.

X ----- 100 partes X= 63.75 % PT.

Tabla No. 19. Porcentaje de proteína de la harina de maíz.

Insumo	% proteína	Factor	Partes	Aporte proteico
Harina de Maíz	9.6	0.96	55	2.50
Suplementos	----	----	5	----
Total			60	2.50

Elaboración propia

2.50 ----- 60 partes.

X ----- 100 partes x = 4.16 % PT.

Luego se procede a realizar los cálculos con el Cuadrado de

Pearson:

28% requerimiento

Insumos proteicos  $16.65/50.02 \times 100 = 33.29\%$

Insumos bases  $33.37/50.02 \times 100 = 67.71\%$

Esto nos indicó que los Insumos proteicos se incluyeron en un 33,29% y los Insumos base más los suplementos en un 66,71% para obtener una dieta con un contenido de proteína total de 28%.

### **5.5. Proceso de fabricación.**

Para esto se necesitó materia prima como soya y maíz además de aceite de hígado de bacalao, vitaminas, minerales, almidón, los cuales fueron previamente seleccionados tomando en cuenta la calidad, inocuidad y vigencia de cada producto. En la fabricación se llevaron a cabo los siguientes procesos:

#### **➤ Molienda**

Se realizó con el objetivo de reducir el tamaño de los insumos, en este caso del maíz y la soya, para obtener harinas con una textura fina, para esto se procedió a trasladar las cantidades deseadas de estos insumos a un molino, verificando que este cuente con las medidas pertinentes de higiene e inocuidad, asegurando así la obtención de harinas de buena calidad.

#### **➤ Mezclado.**

Una vez que se obtuvieron las harinas, se procedió a mezclar los insumos de manera homogénea, luego se añadieron los insumos líquidos como el aceite de hígado de bacalao y agua purificada, además se añadió el almidón para que las partículas de los insumos se adhirieran hasta obtener una masa blanda.

➤ **Aglomeración o Peletización.**

Luego de obtener la masa se introdujo en un molino, el cual tenía unas aberturas de 3mm de diámetro, por donde salió el material en forma de pellet, colocándolos en una bandeja, evitando que tuviesen contacto entre ellos.

➤ **Secado y Enfriado.**

Se introdujo la bandeja conteniendo los pellets húmedos en un horno con temperatura de 70°C durante 15 minutos, esto para remover el exceso de humedad contenido en el pellet de tal manera que su textura cambió de blanda a sólida, una vez que se retiró del horno se enfrió a temperatura ambiente por 25 minutos para luego ser almacenado y poder ser aplicado.

➤ **Organismos.**

Se trabajó con 24 organismos de tilapia *Oreochromis niloticus* en etapa juvenil con un peso promedio de 12.73gr, éstos se obtuvieron de la Universidad Nacional Agraria (UNA) ubicada en Managua, Nicaragua.

➤ **Aclimatación y siembra**

Una vez que se trasladó a los peces hacia las instalaciones de la finca “La Esperanza” éstos fueron aclimatados en un lapso de 30 minutos de manera indirecta, esto se realizó colocando las bolsas en las cuales fueron trasladados estos organismos en el agua donde fueron sembrados, verificando el grado de temperatura del agua de la bolsa y del recipiente plástico, hasta que la variable de temperatura mostró una diferencia de 1°C como máximo, luego se precedió a sembrar a una densidad de 13 organismos/m<sup>2</sup> equivalente a 12 organismos en cada tratamiento trabajando en un sistema semi intensivo.

➤ **Alimentación**

Los alimentos que se suministraron a los organismos durante el experimento fueron:

1. Alimento balanceado comercial de la marca Purina al 28% de proteína.

2. Alimento experimental a base de (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) al 28% de proteínas.

Se alimentó tres veces al día (7:00 a.m, 1:00 p.m, 6:00 p.m) comenzando con el 10% del peso total de la biomasa y realizando los ajustes correspondientes de acuerdo con el crecimiento acumulado en promedio por tratamiento, obtenidos a partir del segundo muestreo poblacional.

Se llevó un control del alimento a través de una tabla de alimentación, calculando la cantidad diaria a suministrar para cada tratamiento por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Biomasa total} \times \% \text{ de peso}}{100} = \text{cantidad de alimento diario en gr.}$$

## 5.6. Medición de factores físico químico

- **Oxígeno Disuelto**

Para determinar los niveles de oxígeno disuelto en cada tratamiento se utilizó un Oxigenómetro marca YSI-550A, se calibró de la siguiente manera:

Se presionó el botón de encendido (“on”). Luego se presionó las dos teclas de las flechas, el equipo inmediatamente solicita el valor de elevación del lugar expresado en cientos de pies o en metros. Seguido se presiona “ENTER”, el equipo solicita el valor de salinidad en partes por mil (ppm) del agua en la cual se va a medir el oxígeno en este caso como se utilizó agua dulce se calibró en “0”, presionamos “ENTER” 2 veces y se procedió a realizar la medición.

Una vez calibrado el instrumento se midió el oxígeno disuelto diariamente hasta culminar nuestro experimento, las mediciones se realizaron tres veces al día (7:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm). Estos se obtuvieron introduciendo el electrodo del Oxigenómetro a 20 cm de profundidad de la columna de agua.

- **Temperatura**

Para poder determinar la temperatura de cada tratamiento se utilizó un Oxigenómetro marca YSI-550A, ya que es un equipo multifuncional, el cual mide oxígeno disuelto y temperatura, y se calibró de la forma antes mencionada, la medición se realizó tres veces al día (7:00 am, 12:00 pm y 6:00 pm). Este valor se obtuvo introduciendo el electrodo del Oxigenómetro a unos 20 cm de profundidad de la columna de agua.

- **pH (potencial de Hidrogeno)**

Para medir este factor usamos un pH-METRO ECO TESTR pH2, el cual se limpia con agua dulce hasta quedar en neutro (7ppm), luego se introdujo el electrodo en el agua a unos 3cm de manera transversal, obteniendo después de 10 segundos el valor de pH presente en el agua. Este valor se midió a las 6 de la mañana y a las 6 de la tarde.

Los valores correspondientes a los factores físico-químicos se colocaron en un formato de campo (Anexos).

## **5.7. Parámetros poblacionales**

- **Crecimiento Acumulado**

Este muestreo se realizó cada cinco días, capturando un total de 12 organismos (tilapias) de cada tratamiento con un “chayo”. Los organismos capturados fueron colocados en un recipiente plástico y posteriormente se pesaron en una balanza gramera con capacidad de 200 gramos marca Kern MB500. Los individuos fueron pesados individualmente para determinar su peso.

El procedimiento para determinar el peso se hizo de la siguiente manera: Las tilapias en muestra se manipularon con guantes de algodón, esta técnica se realizó para evitar causarle daños al organismo, de igual forma se colocó un trozo de tela sobre la balanza, esto con el fin de reducir el exceso de agua contenido en

cada organismo y obtener el peso exacto en biomasa de los mismos, luego se presionó el botón tarar, esto para evitar valores erróneos a la hora de obtener el peso real de cada organismo.

- **Ritmo de Crecimiento**

Para calcular el Ritmo de Crecimiento se utilizó la siguiente fórmula:

$$R.C = P \text{ actual} - P \text{ anterior}$$

Donde: R.C = Ritmo de Crecimiento y P = peso

Obteniendo como resultado el peso que aumentó la tilapia cada cinco días.

- **Tasa de Crecimiento**

La tasa de crecimiento instantáneo fue calculada con la siguiente fórmula:

$$T.C.I = \frac{(\text{Log}W_f - \text{Log}W_i)}{\text{Tiempo}} \times 100$$

Dónde: T.C.I= Tasa de Crecimiento Instantáneo

LognWf= logaritmo de peso final, LognWi= logaritmo de peso inicial

Con este dato se determinó la velocidad con la que crecieron las tilapias en función del tiempo.

- **Sobrevivencia**

El cálculo para determinar la sobrevivencia se realizó de la siguiente manera, dividimos el número de tilapias que quedaron al final del experimento entre el número inicial de tilapias sembradas multiplicado por cien, expresados en forma matemática:

$$Sv\% = \frac{\text{Tilapias cosechadas}}{\text{Tilapias sembradas}} \times 100$$

- **Factor de Conversión alimenticia**

El Factor de Conversión Alimenticia se calculó cada cinco días, este en la división del alimento acumulado suministrado entre la biomasa acumulada en los recipientes experimentales en ese período (Alim. Acumulado semanal/Biomasa semanal).

**F.C.A=** Alimento suministrado

Producción neta de biomasa

- **Rendimiento Productivo**

El rendimiento productivo se estimó al final del experimento y se calculó de la siguiente manera:

El número total de peces al final del experimento multiplicado por el peso promedio, el resultado es la biomasa. Este valor referido por hectárea es conocido como Rendimiento productivo.

Los valores correspondientes a los parámetros poblacionales se registraron en un formato de campo (Anexos).

## **5.8. Análisis estadístico.**

- **Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.**

Al efectuar la prueba de hipótesis, se realizó el análisis estadístico utilizando el método de prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales a través del programa Microsoft Excel, tomando en cuenta los datos de crecimiento acumulado, de cada uno de los organismos por tratamiento, para determinar si existió o no diferencia significativa que corroborará la efectividad de un alimento sobre el otro en el crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus*.

Se abrió un documento nuevo en el programa antes mencionado, en la hoja de cálculo se ubicaron los valores del crecimiento acumulado obtenido en cada muestreo de los 24 organismos, siendo 12 tilapias por cada tratamiento.

Se sumó el valor del crecimiento acumulado de cada organismo obtenido en cada muestreo y se dividió entre el número de muestreos durante el experimento, para obtener el promedio de crecimiento acumulado por organismo, luego se procedió a instalar el paquete estadístico en el programa de Excel y para esto se siguieron los siguientes pasos:

1. Ir a archivo, esto se encuentra en la parte superior izquierda de la hoja de cálculo.
2. Opciones.
3. Complementos.
4. Administrar.
5. Complementos de Excel, luego dar click en ir.
6. Herramientas para análisis-VBA, luego dar click en aceptar.
7. En la hoja de cálculo en la parte superior dar click a la opción Datos.
8. Análisis de datos.
9. Prueba T para medias de dos muestras suponiendo varianzas desiguales y luego dar click en aceptar.

Una vez instalado el paquete estadístico en Excel y abierta la ventana para llevar a cabo la prueba T para medias de dos muestras suponiendo varianzas desiguales, se procedió a rellenar los campos con la información correspondiente, para este caso se realizó la medición de los valores de los 24 organismos, 12 por cada tratamiento, se marcó la opción de rótulos para diferenciar los datos del tratamiento 1 y tratamiento 2, se trabajó con un 0.5% de margen de error, luego se estableció obtener el resultado en una hoja nueva del programa de Excel. Obteniendo así los valores que brinda este estadístico, tomando en cuenta para la prueba de hipótesis el valor del estadístico T y los valores críticos de T de una o dos colas. (Antonio G, 2012)

## I.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

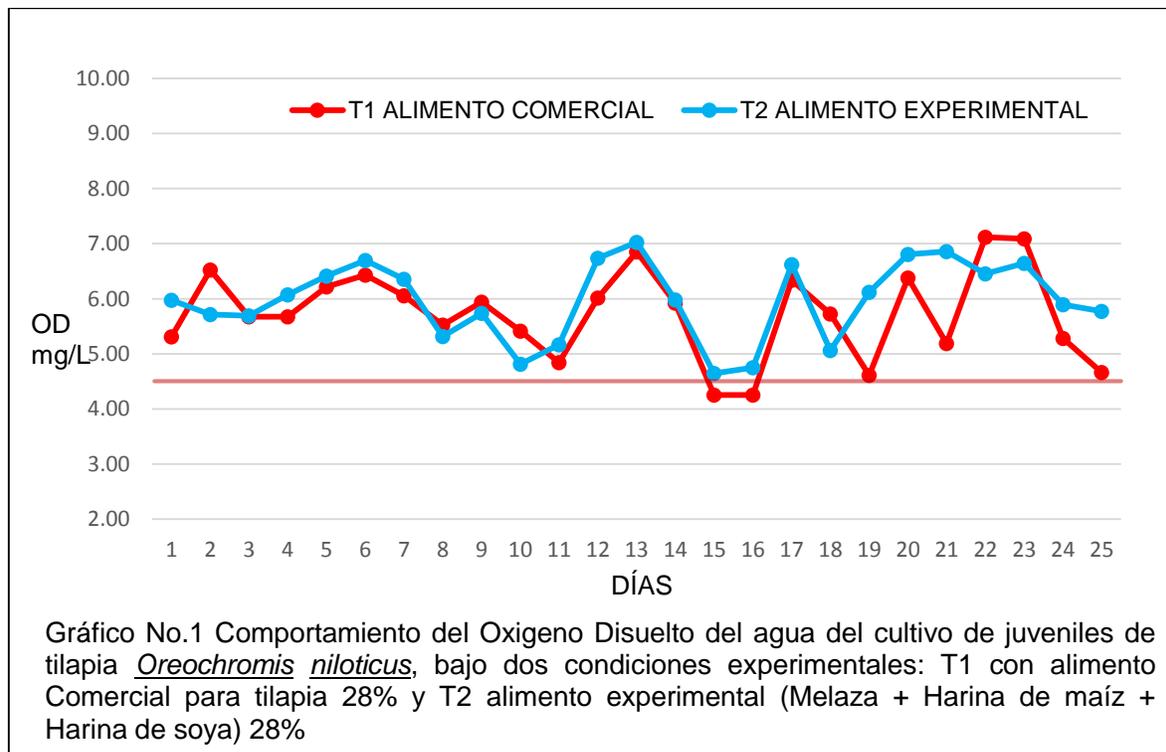
### 6.1 Factores Físico Químicos

#### 6.1.1 Oxígeno Disuelto

Los valores del Oxígeno Disuelto (OD) del tratamiento con alimento comercial para tilapia se obtuvieron un valor mínimo de 4.26 mg/L el día 15 y un valor máximo de 7.12 mg/L el día 22. Para el tratamiento con alimento experimental (harina de maíz, harina de soya, melaza) se obtuvo como valor mínimo 4.65 mg/L el día 15 y como valor máximo 7.02 mg/L el día 13. Ver el gráfico No.1

Según López y Cruz, 2011 mencionan que para el crecimiento óptimo de las tilapias *Oreochromis niloticus*, el OD debe de estar por encima de 4.5 mg/L.

Los datos registrados en este trabajo entran dentro de lo señalado por el autor antes mencionado y por lo tanto los valores de OD no afectaron el crecimiento de las tilapias.

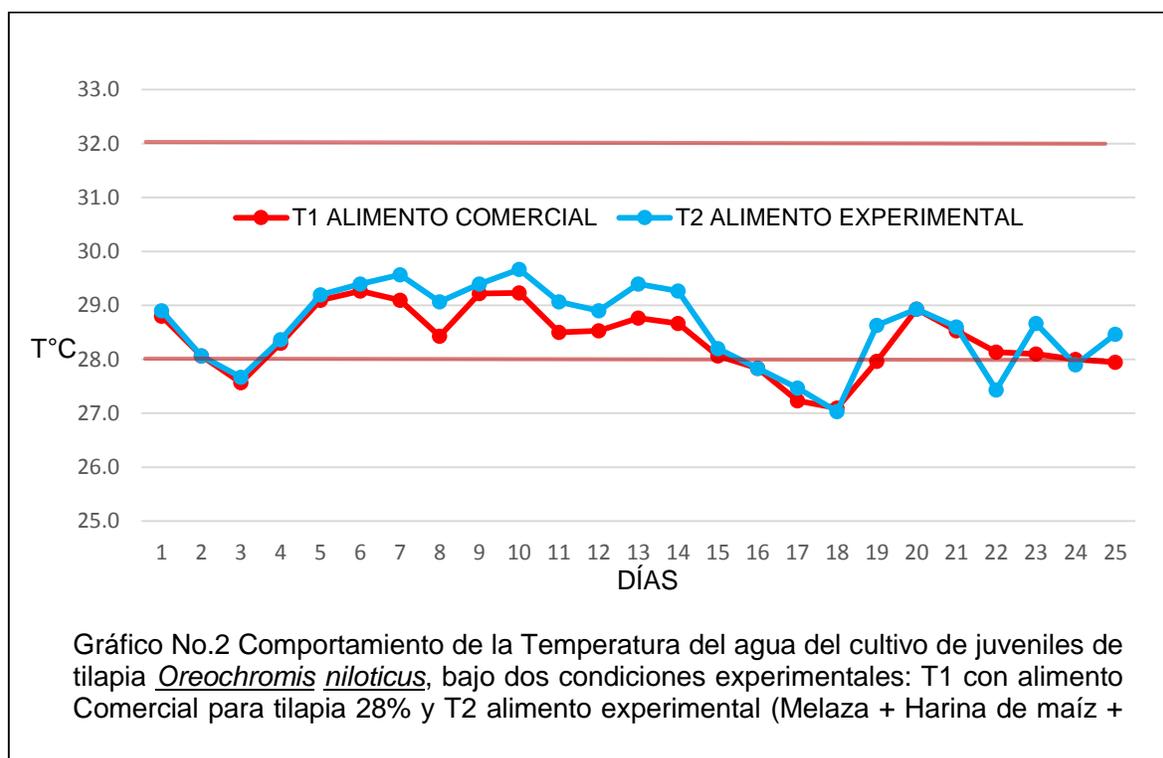


### 6.1.2 Temperatura

Los valores de temperatura del tratamiento con alimento comercial para tilapia se registraron como un valor mínimo de 27.1 °C el día 18 y a su vez un valor máximo 29.4 °C los días 6 y 9. Para el tratamiento con alimento experimental (melaza, harina de maíz, harina de soya) se obtuvo como valor mínimo 27 °C el día 18 y un valor máximo 29.7 °C el día 10. Ver el gráfico No.2

El intervalo óptimo de temperatura para el buen crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* según López y Cruz, 2011 es de 28°C a 32°C. Por lo que Cantor, (2007) sostiene que cuando hay cambios repentinos de 5°C por debajo o por encima de lo establecido en la temperatura del agua, el pez se estresa y en ocasiones muere.

En vista de lo mencionado anteriormente los valores presentados en el gráfico No. 2 se encuentran entre el intervalo óptimo exceptuando los días 3, 16 al 18 y 22, encontrando los valores obtenidos por debajo de lo estimado, no obstante la dinámica de temperatura no incidió de tal manera que afectara el crecimiento de las tilapias en ambos tratamientos.

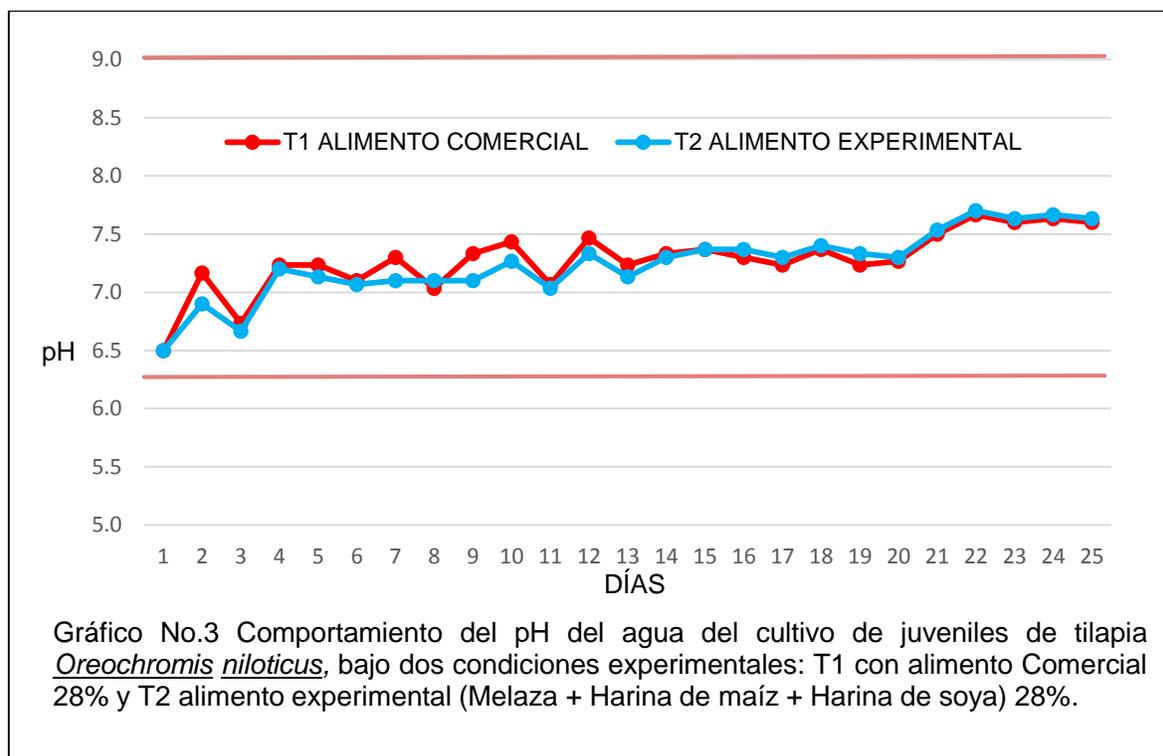


### 6.1.3 pH

Los valores de pH del tratamiento con alimento comercial para tilapia se registraron como valor mínimo de 6.5 el día 1 y a su vez un valor máximo de 7.7 el día 22. Para el tratamiento con alimento experimental (melaza, harina de maíz, harina de soya) se obtuvo como valor mínimo 7.5 el día 1 y un valor máximo de 7.7 el día 22. Ver gráfico No.3

El valor óptimo de pH para el buen crecimiento de tilapia *Oreochromis niloticus* según López y Cruz, 2011 es de 6.5 a 9.0, ya que esto les permite la secreción normal de mucus en la piel, lo que tiene la función de protección en contra de los agentes microbianos presentes en el agua, además Cantor, (2007) establece que en aguas acidas con valores por debajo de 6.0 el crecimiento se reduce, hay pérdida del apetito (inapetencia) y se presentan problemas de aletargamiento.

Por lo tanto los valores presentados se encuentran entre el intervalo óptimo, no afectando así el crecimiento de los organismos. No causando inapetencia, ni trastorno en cuanto a la tasa de crecimiento.



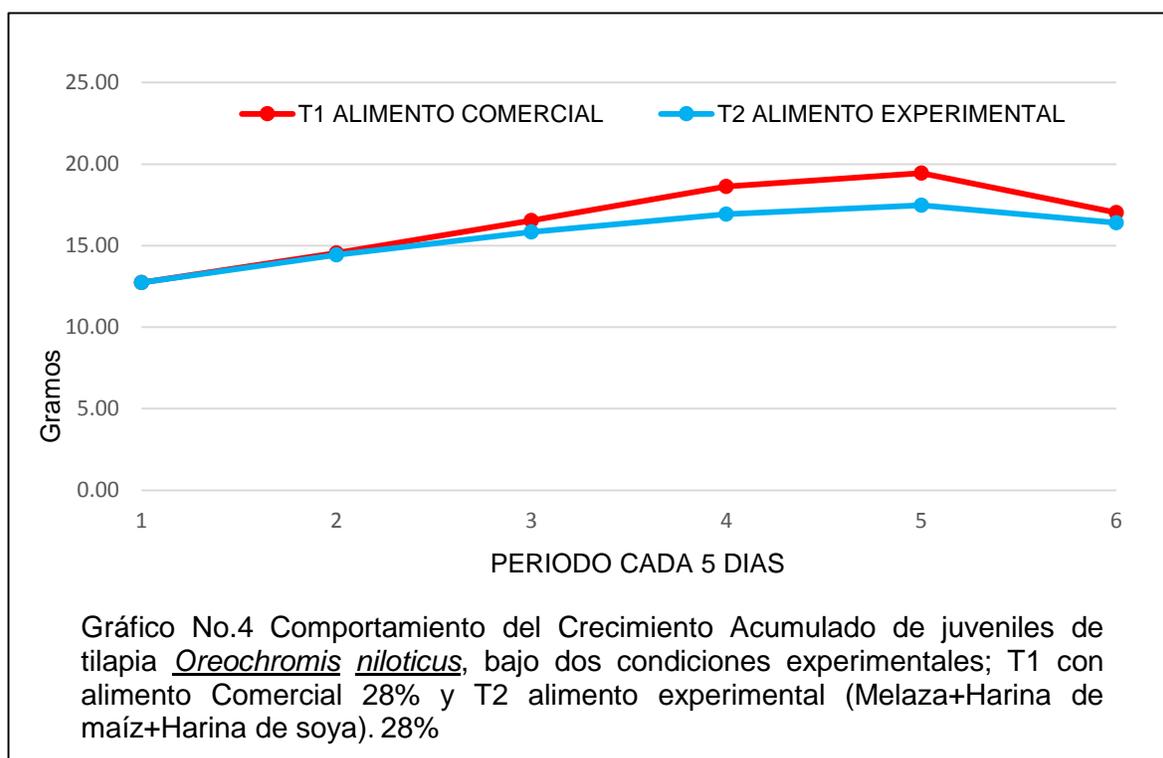
## 6.2 Parámetros Poblacionales.

### 6.2.1 Crecimiento Acumulado.

Los datos obtenidos de Crecimiento Acumulado del tratamiento con alimento comercial para tilapia se registró un valor final de 17.02gr. Para el tratamiento con alimento experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) se obtuvo un valor final de 16.41gr. Ver el gráfico No.4

Según Garcés, (2001) analizando el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*), en 45 días de cultivo el crecimiento de los alevines alcanzaron un peso promedio de 18.1gr, equivalente a 10.05gr en un periodo de 25 días.

Por lo anteriormente expresado, el crecimiento de las tilapias de este trabajo presentan un bajo crecimiento acumulado, debido al inicio de la actividad reproductiva de las tilapias. Entre los tratamientos existió una diferencia numérica de 0.60g, lo cual no es una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Ver tabla N°20 de t aplicado a los pesos finales de ambos tratamientos.



**Tabla N° 20. Prueba t de dos muestras suponiendo varianzas desiguales.**

*Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales*

	T1	T2
Media	17.022	16.408
Varianza	41.762	26.524
Observaciones	9	12
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	15	
Estadístico t	0.2350	
$P(T \leq t)$ una cola	0.4090	
Valor crítico de t (una cola)	1.7530	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.8180	
Valor crítico de t (dos colas)	2.1310	

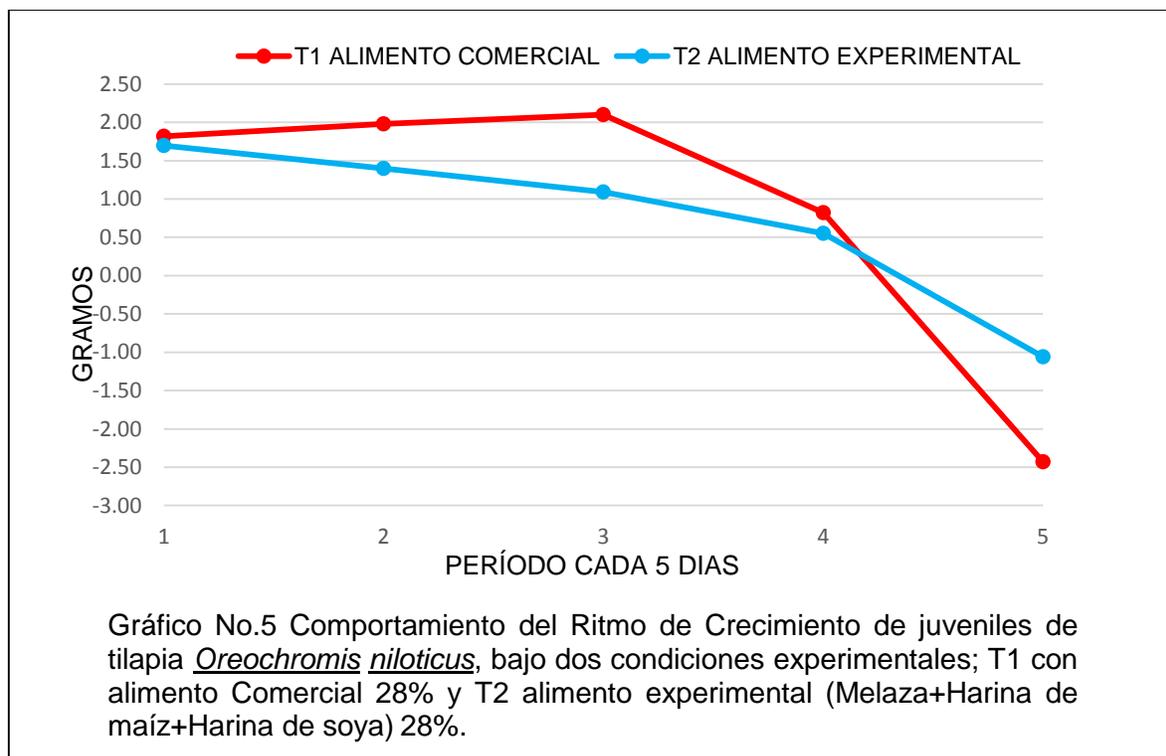
En la tabla No. 20 puede observarse que el valor de t o estadístico de t 0.2350 es inferior a los valores de las t de una cola 1.7530 y de la t de dos colas 2.1310, por lo que aceptamos la hipótesis nula de que no hay diferencias entre tratamientos. Cualquier diferencia de valores entre variables se debe al azar y no es significativa

### 6.2.2 Ritmo de Crecimiento.

Los datos obtenidos de Ritmo de Crecimiento del tratamiento con alimento comercial para tilapia se obtuvieron, un valor mínimo de -2.43 gr al finalizar el experimento y a su vez un valor máximo de 2.10 gr en el tercer muestreo. Para el tratamiento con alimento experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) se obtuvo como valor mínimo -1.06 al inicio del experimento y un valor máximo de 1.70 gr al inicio del experimento. En el gráfico No.5

Según García A. et al (2011) en un estudio realizado encontró como resultado durante ocho semanas un ritmo de crecimiento de 7.66 gr por semana llevados a un crecimiento diario 1.09 gr. Esto equivale a 5.45g/5días.

En base a lo antes mencionado según los datos del gráfico los organismos presentaron un ritmo de crecimiento bastante bajo respecto a lo enunciado por el autor antes mencionado. En el muestreo 4 de las tilapias presentaron actividad reproductiva por lo que el crecimiento se detuvo.

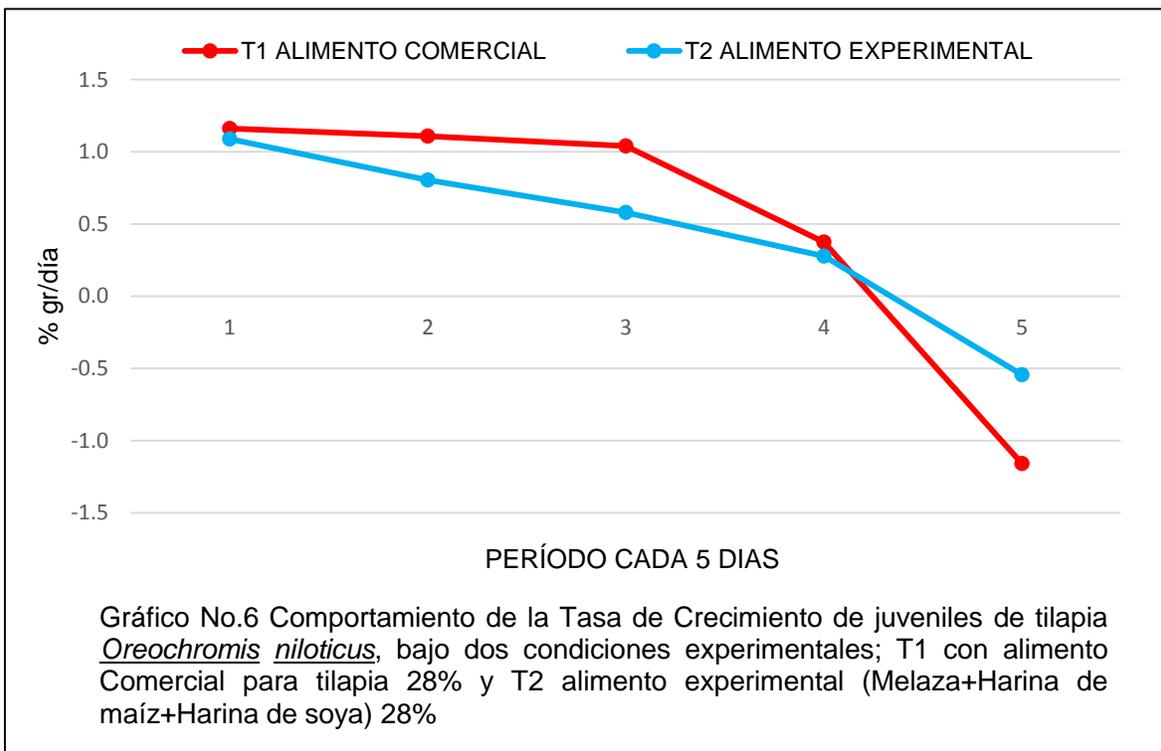


### 6.2.3 Tasa de Crecimiento.

Los datos obtenidos de Tasa de Crecimiento del tratamiento con alimento comercial para tilapia se obtuvo, un valor de -1.2 %gr al finalizar el experimento. Para el tratamiento con alimento experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) se obtuvo como valor final -0.5 %gr. Ver el gráfico No.6

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.

Por lo tanto, la tendencia de la tasa de crecimiento indica que las tilapias obtuvieron un crecimiento normal tomando en cuenta su proceso reproductivo. Donde los organismos fueron alimentados tres veces al día en raciones previamente calculada según su etapa de desarrollo.

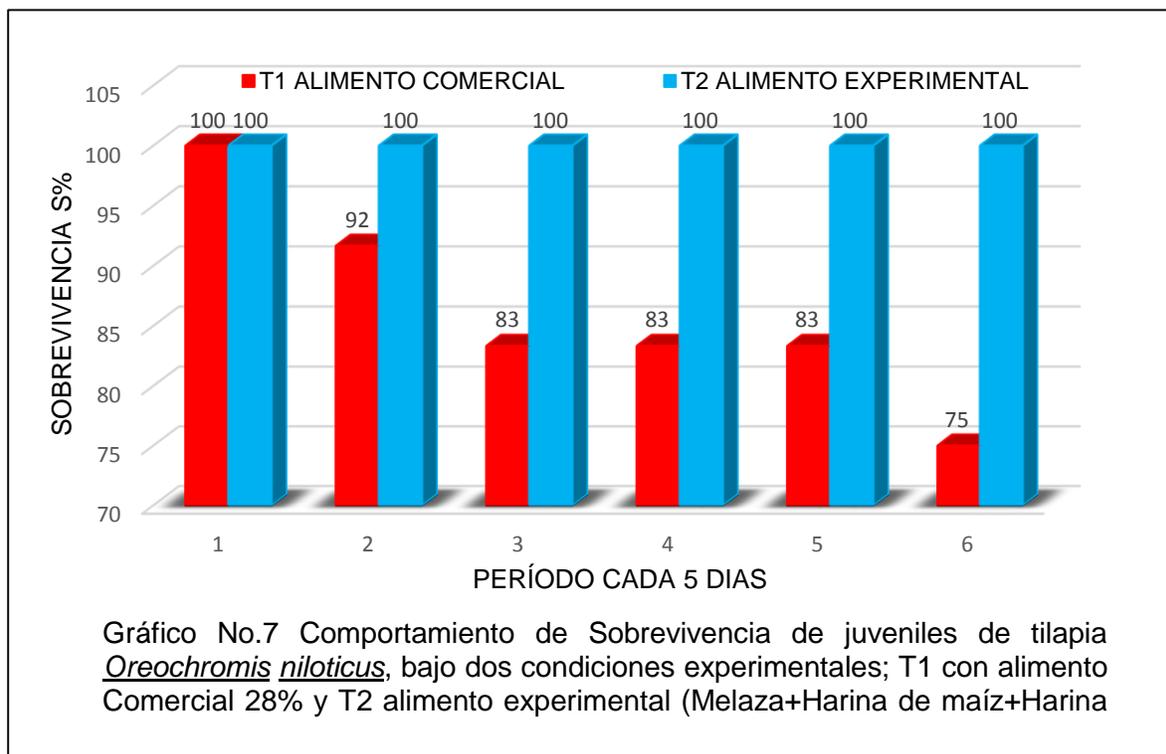


### 6.2.4 Supervivencia.

Los datos obtenidos de Supervivencia en ambos tratamientos, T1: alimento comercial para tilapia se obtuvo, un valor del 75% al finalizar el experimento y para el T2: alimento experimental (melaza, harina de maíz, harina de soya) se obtuvo un valor final de 100%. Ver gráfico No.7

Dado que Garcés Ricardo, (2001) encontró una supervivencia del 69.0% en un sistema abierto de cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus*.

Por lo tanto, los valores expresados de ambos tratamientos se presentaron superiores a lo estimado por el autor antes mencionado, obteniendo de esta manera una buena supervivencia durante los 25 días de experimento en un sistema abierto.

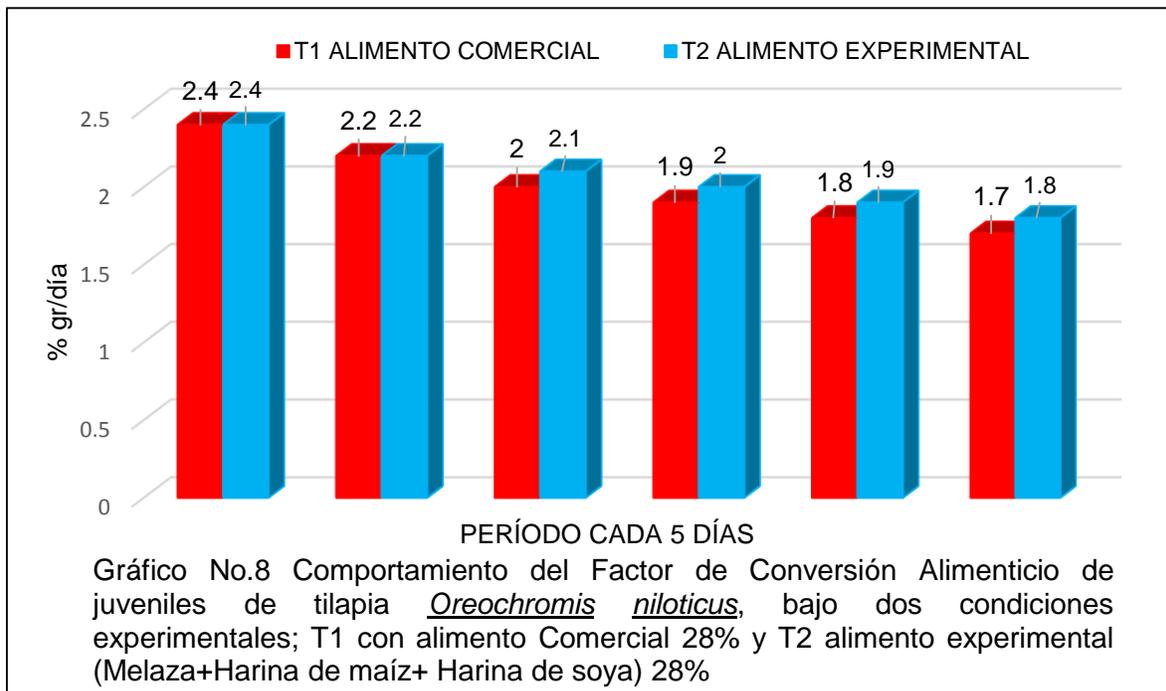


### 6.2.5 Factor de Conversión Alimenticia.

En el gráfico No.8 los datos obtenidos del Factor de Conversión Alimenticio del tratamiento con alimento comercial para tilapia se obtuvieron, un valor mínimo de 1.7gr al finalizar el experimento y un valor máximo de 2.4gr al iniciar el experimento. Para el tratamiento con alimento experimental (melaza, harina de maíz, harina de soya) se obtuvo un valor mínimo de 1.8gr al final y un valor máximo de 2.4gr al inicio del experimento.

De acuerdo con Anónimo 4, (2004), establece que para el cultivo de tilapia en un sistema semi-intensivo el factor de conversión alimenticia debe ser cercano a 1.6 - 1.8.

Por lo tanto, esto indica que los datos del gráfico fueron cercanos a los valores establecidos previamente mencionados, presentando una tendencia descendente en cuanto a la proporción del alimento en comparación con la biomasa adquirida, sin alejarse de lo establecido según la literatura en cuanto a lo óptimo para el cultivo de tilapia en sistema semi-intensivo.

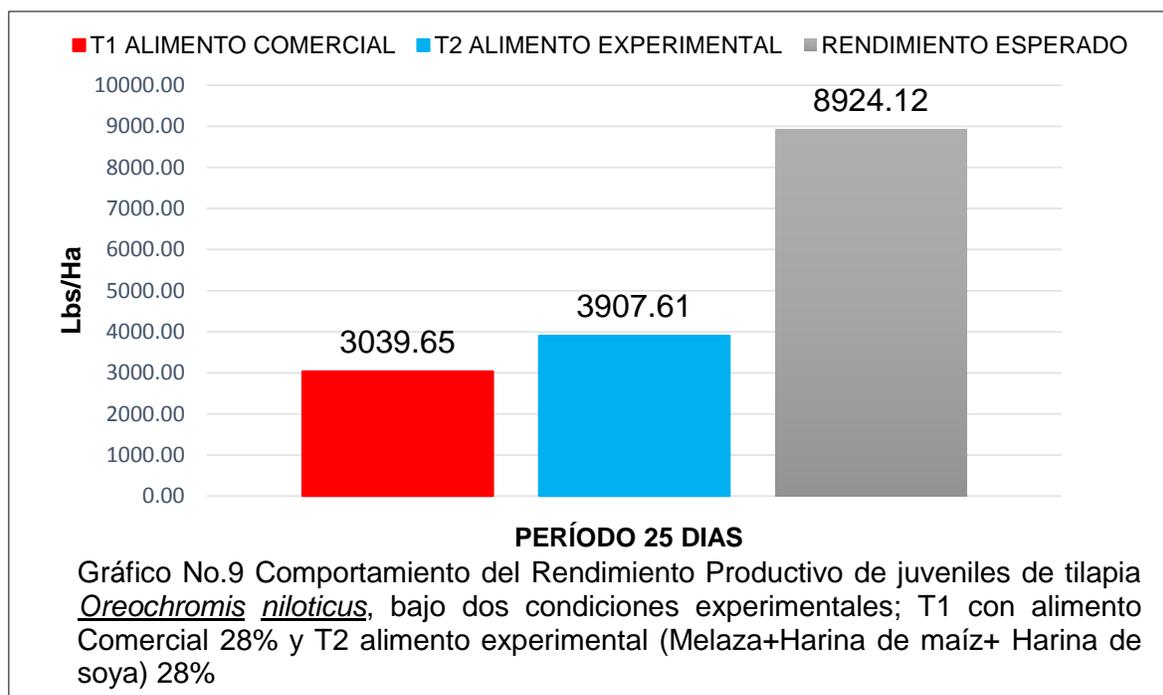


### 6.2.6 Rendimiento Productivo.

Los datos obtenidos del Rendimiento Productivo del tratamiento con alimento comercial para tilapia se obtuvo, un valor de 3039.65 Lbs/Ha. Para el tratamiento con alimento experimental (Melaza + Harina de maíz + Harina de soya) se obtuvo un valor de 3907.61Lbs/Ha En el gráfico No.9.

Aguilar et al. (2010) obtuvo un rendimiento productivo en tilapias *Oreochromis niloticus* a lo largo de un ciclo comercial de producción, en el cual encontró 8924.12 Lbs/Ha en producciones de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus*,

De esta manera el tratamiento que obtuvo un mayor rendimiento fue el T2 a como se observa en el gráfico No.9. Este estudio se realizó en 25 días, sin embargo, el rendimiento alcanzado se encuentra por debajo de lo esperado.



## VII.- CONCLUSIÓN

1. Los valores de factores físico químicos variaron entre 4.25 a 7.02 mg/L para el oxígeno disuelto y la temperatura de 27°C a 29.7°C. Para los datos del pH estuvieron entre 6.5 y 7.5 en ambos tratamientos.
2. El Crecimiento Acumulado al final del experimento en el T1 fue de 17.02 gramos (gr), en el T2 fue de 16.41 gramos (gr). El Ritmo de Crecimiento en el T1 varió de 1.82 gr a -2.43 gr y en el T2 fue de 1.70 gr a -1.06 gr al final del experimento. La Tasa de Crecimiento para el T1 fue de -1.2gr y el T2 fue de -0.5gr.
3. Supervivencia en el T1 fue de 75% mientras que en el T2 fue de 100%. El Factor de Conversión Alimenticio en el T1 varió de 2.4 a 1.7, en el T2 fue de 2.4 a 1.8. El Rendimiento Productivo para el T1 alimento comercial fue de 3039.65 Lbs/Ha y en el T2 alimento experimental fue de 3907.61Lbs/Ha.

Al realizar el análisis estadístico se demostró que existe diferencia numérica entre tratamientos, pero no es significativa ( $P < 0,05$ ), que esta diferencia se debe al azar y no a la variable de los dos tratamientos por lo que se acepta la  $H_0$ : La aplicación del alimento experimental, tiene un efecto igual en el crecimiento de la tilapia que el alimento comercial.

## VIII.- RECOMENDACIONES

- A los futuros investigadores y productores darle continuidad al experimento con un mayor tiempo de prueba para cada dieta.
- Verificar antes de la siembra que los organismos se encuentren en tallas homogéneas.
- Cerciorarse que los organismos tengan las mismas características fenotípicas.
- Antes de elaborar alimento asegurarse que los productos a utilizar sean de buena calidad.
- Utilizar un molino con el tamaño adecuado para el pellet según la etapa de vida del organismo.
- Realizar una prueba del alimento antes de ser aplicado a los organismos.
- Aplicar correctamente tabla de alimentación para evitar problemas de sobrealimentación.

## IX.- BIBLIOGRAFÍA

**Aguilar, G Afanador, A Muñoz, 2010.** - Revista de la Facultad de..., -  
tuinventas.com (en línea) Consultado 29 de oct 2014. Disponible en  
[http://scholar.google.com.ni/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=p5LORCMAAAAJ&citation\\_for\\_view=p5LORCMAAAAJ:9yKSN-GCB0IC](http://scholar.google.com.ni/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=p5LORCMAAAAJ&citation_for_view=p5LORCMAAAAJ:9yKSN-GCB0IC)

**Anónimo 1, 2003.** V simposio de acuicultura. Guatemala. (en línea) 155p.  
Consultado 03 jul 2014. Disponible en  
<http://www.acuicultura.org/development/memorias/V%20Simposio%20de%20Acuicultura,%20Guatemala%202003%20web.htm>

**Anónimo 2, 2003.** ACERCA DEL CULTIVO DE TILAPIA NILOTICA Y TILAPIA ROJA. Dirección de Acuicultura. Buenos Aires. Argentina. (en línea) 16p.  
Consultado 04 jul 2014. Disponible en  
[http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/\\_archivos/000008-Tilapia/071201\\_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf?PHPSESSID=4fd33dd81808d6a29fe7f92a69ceb077](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/_archivos/000008-Tilapia/071201_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf?PHPSESSID=4fd33dd81808d6a29fe7f92a69ceb077)

**Anónimo 3, 2004.** Sistemas de producción de tilapia. (en línea). 58p. Consultado 05 jul 2014. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/23302518/Sistema-de-Cultivo-de-Tilapia>

**Anónimo 4, 2008.** Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. Veracruz, México. (en línea) 144p. Consultado 17 jun 2014. Disponible en <http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>

**Anónimo 5, 2012,** Propiedades nutritivas del maíz (choclo). Lima, Perú. (En línea) consultado 14 Nov 2014. Disponible en <http://maby.snarvaez.com.ar/salud/2012/09/13/propiedades-nutritivas-del-maiz-choclo/>

**Anónimo 6, 2012.** Manejo tanques geomembranas en tanques circulares. Acuicultura básica. (en línea) 10p. Consultado 04 jul 2014. Disponible en <https://www.facebook.com/AcuiculturaBasica/posts/261809237246415>

**Anónimo 7, 2013.** LAS PLANTAS CURATIVAS DE DIOS. México. (En línea) consultado 14 Nov 2014. Disponible en <http://lpcdedios.wordpress.com/2013/11/14/maiz-y-sus-beneficios/>

**Antonio G, 2012.** Prueba t de Student para la comparación de dos muestras independientes. México (en línea). 7p. Consultado 05 jul 2014. Disponible en: [http://www.conexionismo.com/leer\\_articulo.php?ref=prueba\\_t\\_de\\_student\\_para\\_la\\_comparacion\\_de\\_dos\\_muestras\\_independientes-j9604971](http://www.conexionismo.com/leer_articulo.php?ref=prueba_t_de_student_para_la_comparacion_de_dos_muestras_independientes-j9604971)

**Camacho,Romo y Moreno ,2000.** Guía para el cultivo de tilapia *Oreochromis spp.* (Gunter, 1984).SEMARNAP. Tlalpan, México. 138p. Consultado 06 jul2014 Disponible en [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/7860/3/guia\\_tilapiaVbn.pdf](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/resources/LocalContent/7860/3/guia_tilapiaVbn.pdf)

**Cantor, 2007.**Manual de producción de Tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla. México. (en línea). 135p. Consultado 04 jul 2014. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/26642997/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>

**Chacón, 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. México. (en línea). 46p. Consultado 02 Julio 2014 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)

**Fajardo y Sarmiento, 2007.** EVALUACION DE MELAZA DE CAÑA COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCION DE *Saccharomyces cerevisiae*. Bogotá, Colombia. (En línea) consultado 14 Nov 2014. Disponible en <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis26.pdf>

**FAO, 2014.** Tilapia del Nilo - Formulación y preparación/producción de alimentos, Alimento vivo (en línea) 10p Consultado el 17 jun 2014. Disponible en <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>

**Garcés Ricardo, (2001)** Comparación del crecimiento y sobrevivencia de dos líneas de tilapia en estanques cubiertos con malla contra pájaros. Honduras: Universidad Zamorano. Consultado 26 Jul del 2014.Disponible en <http://www.acuacultura.org/images/T1310.pdf>

**García 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 25 Jun del 2014. Disponible en [http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista\\_15-02\\_Esp\\_05.pdf](http://www.uap.edu.pe/Investigaciones/Esp/Revista_15-02_Esp_05.pdf)

**García, A., & Calvario, O. (2008).** Manual de buenas prácticas de producción acuícola de tilapia para la inocuidad alimentaria. *Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo (CIAD). Mazatlán, Sinaloa, México, 104.* <http://www.cosaes.com/Manual%20Tilapia%20BPPA.pdf>

**Guevara, 2003.** FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE DIETAS PARA PECES Y CRUSTÁCEOS. Tacna – Perú. (En línea) consultado 14 Nov 2014. Disponible en [http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0CD4QFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.unjbg.edu.pe%2Fcoi n2%2Fpdf%2F01040800303.pdf&ei=dwVIVKWRBcuYNsf3gvgK&usg=AFQjCN HnCUmYDixwF4lyREFQgpiOAX\\_dbA&sig2=1Ek16XjLXOHjAe3ULf-c7A&bvm=bv.79189006,d.eXY](http://www.google.com.ni/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0CD4QFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.unjbg.edu.pe%2Fcoi n2%2Fpdf%2F01040800303.pdf&ei=dwVIVKWRBcuYNsf3gvgK&usg=AFQjCN HnCUmYDixwF4lyREFQgpiOAX_dbA&sig2=1Ek16XjLXOHjAe3ULf-c7A&bvm=bv.79189006,d.eXY)

**Haro, R., & Elizabeth, C. (2011).** Desarrollo e Implementación de un Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola en Tilapias del Proyecto Piscícola Jacalurco, en la Provincia de Pastaza. <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/819/1/27T0152.pdf>

**Hoyos, A, Fernández, Reta, J, Suarez. (2011).** Manual de Acuicultura para la producción de Mojarra Tilapia. (En línea). [Consultado 1 junio 2014] .Disponible en <http://producirmejor.com/PUBLICACIONES%20NUEVAS/ACUACUL/MANUAL %20ACUCULTURA%20MOJARRA%20TILAPIA.pdf>

**Hurtado, 2005.** Tilapia: La alternativa social y económica del tercer milenio. Lima – Perú. (en línea) Revista Aquatic. 27, 30-31 (127)p. Consultado 15 jun 2014. Disponible en [http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh\\_tilapia3milenio.pdf](http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_tilapia3milenio.pdf)

**Jiménez, 2006.** Valor Nutritivo de la Proteína de Soya. Madrid, España. (en línea) consultado 14 Nov 2014. Disponible en <http://www.uaa.mx/investigacion/revista/archivo/revista36/Articulo%205.pdf>

**Jover, 2000.** ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO, TASA DE ALIMENTACIÓN Y PRODUCCIÓN DE DESECHOS EN PISCICULTURA MEDIANTE UN MODELO BIOENERGÉTICO. Revista Aquatic. Universidad Politécnica de Valencia. España. (en línea) 13p. consultado 02 jul 2014. Disponible en <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?c=82>

**López y Cruz, 2011.** “ELABORACIÓN DE UN PROBIÓTICO A BASE DE MICROORGANISMOS NATIVOS Y EVALUACIÓN DE SU EFECTO BENÉFICO AL PROCESO DIGESTIVO DE LA TILAPIA ROJA (*Oreochromis*sp.) EN ETAPA DE ENGORDE EN LA ZONA DE SANTO DOMINGO” (en línea). 19-20 (109)p. Consultado 29 jun 2014. Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4857/1/T-ESPE-IASA%20II-002358.pdf>

**Lorenzo, 2011.** Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (*Oreochromis*sp.). Tesis Ing. San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. UNPA. 87p. Consultado 15 jun 2014. Disponible en [http://www.unpa.edu.mx/tesis\\_Tux/tesis\\_digitales/TESIS%20JOS%C3%89%20LUIS%20LORENZO%20MANZANAREZ.pdf](http://www.unpa.edu.mx/tesis_Tux/tesis_digitales/TESIS%20JOS%C3%89%20LUIS%20LORENZO%20MANZANAREZ.pdf)

**Luchini, 2004.** Perspectivas en acuicultura: nivel mundial, regional y local”. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA), Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, Dirección de Acuicultura. Argentina. (en línea) 94p. Consultado 04 jul 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/44-Perspectivas\\_en\\_Acuicultura.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/44-Perspectivas_en_Acuicultura.pdf)

**Luchini, 2006.** Tilapia: su cultivo y sistemas de producción. Dirección de Acuicultura. Buenos Aires. Argentina. (en línea) 14p. Consultado 04 jul 2014. Disponible en [http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/\\_archivos/000008-Tilapia/071201\\_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20\(Parte%201\).pdf](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=cultivos/01-especies/_archivos/000008-Tilapia/071201_Generalidades%20acerca%20del%20cultivo%20(Parte%201).pdf)

**Meyer, 2004.** Introducción a la Acuicultura. Zamorano, Honduras. (en línea) 163p. Consultado 13 jun 2014. Disponible en [http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Introduccion%20Acuicultura.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Introduccion%20Acuicultura.pdf)

**Ramos, Triminio, Meyer y Barrientos. 2006.** Determinación de los costos del cultivo de tilapia a pequeña y mediana escala. Escuela Agrícola Panamericana (ZAMORANO). Honduras. (en línea). 26p. Consultado 06 julio 2014. Disponible en [http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured\\_titles/Determinacion\\_Meyer007.pdf](http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/featured_titles/Determinacion_Meyer007.pdf)

**Saavedra, M. 2006.** Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua pdf (en línea).24p. Consultado 01 jul 2014. Disponible en [http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades\\_del\\_cultivo\\_de\\_Tilapia.pdf](http://csptilapianayarit.org/informacion/Generalidades_del_cultivo_de_Tilapia.pdf)

**Suárez Ortiz, E. H. 2011.** Estrategia para la implementación de Buenas Prácticas de Producción Acuícola (BPPA) en agroempresas productoras de tilapia del departamento del Huila Universidad Nacional de Colombia. Consultado 04 jul 2014. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/207979415/acuicultu>

**Toledo y García. 2000.** Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el Caribe. Centro de Preparación Acuícola Mamposton, Ministerio de la Industria Pesquera, San José de las Lajas. La Habana, CUBA. (en línea). 55p Consultado 18 jun 2014. Disponible en [http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion\\_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf](http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf)

**Tsang y Quintanilla, 2008.** Manual sobre reproducción y cultivo de tilapia. Publicado por Centro de desarrollo de la pesca y la acuicultura (CENDEPESCA. El Salvador. C.A. (en línea). 68p. Consultado 03 jul 2014. Disponible en [http://www.mag.gob.sv/phocadownload/Apoyo\\_produccion/manual%20reproduccion%20y%20cultivo%20tilapia.pdf](http://www.mag.gob.sv/phocadownload/Apoyo_produccion/manual%20reproduccion%20y%20cultivo%20tilapia.pdf)

## X.- Anexos

	<b>FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA. UNAN-LEÓN</b> <b>DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA ACUÍCOLA</b>																																																																																																													
<b>Formato de campo para toma de factores fisico-quimicos.</b>																																																																																																														
Nombre del lugar: <u>"Finca La Esperanza"</u>		Fecha: _____																																																																																																												
Nombre del tratamiento: <u>Dieta con alimento comercial al 32% de proteína.</u>																																																																																																														
Nombre de la especie sembrada: <u>Oreochromis niloticus</u>																																																																																																														
Densidad de siembra: <u>13 organismos/m2</u>		Sistema de cultivo: <u>Semi-intensivo.</u>																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th colspan="3" style="text-align: center;">OXIGENO DISUELTO</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">TEMPERATURA</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">pH</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">DÍA</th> <th style="text-align: center;">07:00AM</th> <th style="text-align: center;">12:00AM</th> <th style="text-align: center;">06:00PM</th> <th style="text-align: center;">07:00AM</th> <th style="text-align: center;">12:00AM</th> <th style="text-align: center;">06:00PM</th> <th style="text-align: center;">06:00AM</th> <th style="text-align: center;">06:00PM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				OXIGENO DISUELTO			TEMPERATURA			pH		DÍA	07:00AM	12:00AM	06:00PM	07:00AM	12:00AM	06:00PM	06:00AM	06:00PM	1									2									3									4									5									6									7									8									9									10								
	OXIGENO DISUELTO			TEMPERATURA			pH																																																																																																							
DÍA	07:00AM	12:00AM	06:00PM	07:00AM	12:00AM	06:00PM	06:00AM	06:00PM																																																																																																						
1																																																																																																														
2																																																																																																														
3																																																																																																														
4																																																																																																														
5																																																																																																														
6																																																																																																														
7																																																																																																														
8																																																																																																														
9																																																																																																														
10																																																																																																														
Responsables de toma de factores fisico-quimicos:																																																																																																														
_____		_____																																																																																																												
Areison José Gómez González.		Irma del Rosario Morales Rivas.																																																																																																												

	<b>FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA. UNAN-LEÓN</b> <b>DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA ACUÍCOLA</b>																																																																																					
<b>Formato de campo para toma de parámetros poblacionales.</b>																																																																																						
Nombre del lugar: <u>"Finca La Esperanza"</u>		Fecha: _____																																																																																				
Nombre del tratamiento: <u>Dieta con alimento comercial al 32% de proteína.</u>																																																																																						
Nombre de la especie sembrada: <u>Oreochromis niloticus</u>																																																																																						
Densidad de siembra: <u>13 organismos/m2</u>		Sistema de cultivo: <u>Semi-intensivo.</u>																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">SEM</th> <th style="width: 10%;">POBL (Nt)</th> <th style="width: 10%;">SOBRE. (%)</th> <th style="width: 10%;">PESO (gr)</th> <th style="width: 10%;">RITMO CREC. (gr)</th> <th style="width: 10%;">TASA CREC.</th> <th style="width: 10%;">BIOMASA (gr)</th> <th style="width: 10%;">%PESO</th> <th style="width: 10%;">ALIM/DIA (gr)</th> <th style="width: 10%;">ALIM/SEM (gr)</th> <th style="width: 10%;">FCA</th> <th style="width: 10%;">RENDI PROD (lb)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			SEM	POBL (Nt)	SOBRE. (%)	PESO (gr)	RITMO CREC. (gr)	TASA CREC.	BIOMASA (gr)	%PESO	ALIM/DIA (gr)	ALIM/SEM (gr)	FCA	RENDI PROD (lb)	1												2												3												4												5												6											
SEM	POBL (Nt)	SOBRE. (%)	PESO (gr)	RITMO CREC. (gr)	TASA CREC.	BIOMASA (gr)	%PESO	ALIM/DIA (gr)	ALIM/SEM (gr)	FCA	RENDI PROD (lb)																																																																											
1																																																																																						
2																																																																																						
3																																																																																						
4																																																																																						
5																																																																																						
6																																																																																						
Responsables de toma de parametos Parámetros poblacio																																																																																						
_____		_____																																																																																				
Areison José Gómez González.		Irma del Rosario Morales Rivas.																																																																																				