

**VALUACIÓN DEL EFECTO DE LA RESTRICCIÓN ALIMENTICIA EN EL  
CRECIMIENTO COMPENSATORIO EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis* sp) DURANTE  
LAS FASES DE LEVANTE Y FINALIZACIÓN**

**SORAIDA MOSQUERA MEDINA Zoot.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN ANIMAL  
SAN JUAN DE PASTO  
2018**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA RESTRICCIÓN ALIMENTICIA EN EL  
CRECIMIENTO COMPENSATORIO EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*) DURANTE  
LAS FASES DE LEVANTE Y FINALIZACIÓN**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Magister en  
Ciencias Agrarias con énfasis en Producción Animal.**

**SORAIDA MOSQUERA MEDINA Zoot.**

**PRESIDENTE DE TESIS**

**Jorge Nelson López Macías D.M.V.Z., Esp., M.Sc., Dr.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN ANIMAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2018**

### **Nota de responsabilidad**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1º de acuerdo 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño

**Nota de aceptación**

---

**Alba Lucy Ortega Salas M.sc.**

**Jurado Delegado**

---

**Julbrinner Salas Benavides Ing. M.sc.**

**Jurado**

---

**Aida Paulina Dávila Solarte Zoot. M.sc.**

**Jurado**

---

**Jorge Nelson López Macías D.M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D.**

**Presidente**

**San Juan de Pasto, agosto de 2018**

## **AGRADECIMIENTOS**

La autora expresa sus sinceros agradecimientos a:

Centro de Investigaciones y Posgrados en Ciencias Agrarias

A mi asesor Jorge Nelson López Macías Ph.D, M.Sc, Esp., MVZ por su apoyo y colaboración en el desarrollo de este trabajo.

A mis jurados: Alba Lucy Ortega Salas M.Sc; Julbrinner Salas Benavides Ing. M.Sc;

Aida Paulina Dávila Solarte. Zoot. M.sc. por su asesoría y correcciones de mi trabajo de grado.

A Zoot. John Jairo Parreño, por colaboración y aportes a este trabajo de grado.

A mis amigos y compañeros que me aportaron incondicionalmente en la culminación de este trabajo.

A todas las personas que me aportaron con ideas y me colaboraron para la culminación de este trabajo.

## **Dedicatoria**

*Este trabajo de grado lo dedico a Dios mi señor que a pesar de las dificultades de la vida me dio la fortaleza para luchar y sacar adelante este proceso, a mi hija y a mi madre que son la razón de mi vida y me dan la motivación y entusiasmo de seguir adelante cumpliendo con mis logros, a mis hermanos que me dan iniciativas para triunfar en la vida. A todos mis amigos que me dan ánimo y su apoyo incondicional.*

*A mis profesores por su apoyo y quienes me ilustraron para seguir adelante con mi formación.*

*A mi padre y mi hermano que desde el cielo me guían y me cuidan para avanzar en cada paso de mi vida.*

## CONTENIDO

	<b>PAG</b>
Resumen.....	12
Abstract.....	14
Introducción .....	16
1. Marco Teórico.....	17
1.1 Clasificación Taxonómica de la Tilapia Roja ( <i>Oreochromis</i> sp).....	17
1.2 Proporción de Proteína y Energía en las Dietas.....	19
1.3 Energía Digestible.....	21
1.3.1 Eficiencia energética de los peces.....	24
1.4 Restricción Alimenticia .....	24
1.4.1 Fuentes de energía y metabolismo en periodos de restricción alimenticia.. .....	26
1.5 Crecimiento Compensatorio .....	27
2. Objetivos.....	31
2.1 Objetivo General.....	31
2.2 Objetivos Específicos.....	31
3. Metodología .....	32
3.1 Localización .....	32
3.2 Materiales, equipos e insumos .....	32
3.3 Periodo de Estudio .....	33
3.4 Instalaciones.....	33
3.4.1 Profilaxis.....	34
3.6 Material biológico.....	34
3.6.1 Aclimatación y siembra.. .....	35
3.6.2 Muestras.....	35
3.7 Alimentación.....	36
3.8 Hipótesis .....	37
3.8.1 Hipótesis nula (H0).....	37

3.8.2 Hipótesis alterna (H1).....	37
3.9 Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	37
3.9.1 Diseño experimental.....	37
3.9.2 Tratamientos.....	38
3.10 Variables evaluadas.....	38
4. Resultados y Discusión.....	43
4.1 Ganancia de Peso e Incremento Periódico de Peso.....	43
4.2 Tasa de Crecimiento Específico.....	45
4.3 Conversión alimenticia aparente.....	48
4.5 Tasa de Supervivencia.....	50
4.6 Relación Beneficio/Costo.....	51
5. Conclusiones.....	53
6. Recomendaciones.....	54
Bibliografía.....	55
Anexos.....	62

## LISTA DE TABLAS

	<b>PAG.</b>
Tabla 1. Peso a los 180 días, ganancia de peso diaria y total expresada en gramos .....	43
Tabla 2. Tasa de crecimiento específico .....	46
Tabla 3. Conversión alimenticia aparente.....	48
Tabla 4. Incremento de talla.....	49
Tabla 5. Tasa de sobrevivencia .....	50
Tabla 6. Costos (relación beneficio/costo).....	51

## LISTA DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
Figura 1. Localización. ....	32
Figura 2. Instalaciones. ....	33
Figura 3. Encalado de estanques. ....	34
Figura 4. Muestreo. ....	36
Figura 5. Incremento de peso observado por muestreo durante todo el periodo experimental. ...	44
Figura 6. Evolución de la tasa de crecimiento específica de acuerdo con los muestreos. ....	47

## LISTA DE ANEXOS

	<b>PAG.</b>
Anexo a. Análisis estadístico para la variable ganancia de peso. ....	63
Anexo b. Análisis estadístico para la variable tasa de crecimiento específico. ....	64
Anexo c. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia. ....	65
Anexo d. Análisis de varianza para la variable incremento de talla. ....	66
Anexo e. Análisis estadístico para la variable tasa de sobrevivencia. ....	67

## RESUMEN

El cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el departamento del Putumayo es una alternativa de seguridad alimenticia y de generación de ingresos tanto a nivel extensivo como intensivo. Sin embargo, no se han desarrollado técnicas que mejoren la rentabilidad de estos sistemas productivos y específicamente la conversión alimenticia, ya que el balanceado comercial representa como mínimo el 70% de los costos directos de producción (López – Macías 2014). Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación determinó el efecto de la restricción alimenticia sobre el crecimiento compensatorio, cuando los ejemplares completaban la fase de alimentación plena después del período de ayuno y las variables zootécnicas de esta especie íctica en condiciones de cautiverio.

El estudio se realizó en el municipio de Villagarzón (Putumayo), en la vereda Bajo Eslabón; con una temperatura promedio de 24,6°C, 85% de humedad y 4322 mm de precipitación promedio anual (IDEAM). El trabajo de campo se extendió durante un periodo de seis meses y los peces se distribuyeron en cuatro estanques excavados en tierra de 130 metros cuadrados, cada uno dividido mediante malla plástica verde comercial en cuatro compartimentos iguales de 5 m de largo x 5 m de ancho y 0.5 m de profundidad, con el fin de ubicar las respectivas réplicas. Se evaluaron 800 ejemplares con peso promedio de  $10 \pm 0,012$  g distribuidos en un diseño completamente aleatorizado - DCA conformado por 4 tratamientos, de tal manera que cada tratamiento estaba constituido por 200 peces por estanque, a una densidad de 2 animales por metro cuadrado y cada réplica por 50 ejemplares. Los tratamientos estudiados fueron: T0: Sin restricción alimenticia, T1, restricción un día a la semana en los cuatro primeros

meses y sin restricción en los dos últimos; T2, restricción dos días a la semana; T3: Restricción tres días a la semana.

Se evaluó las variables ganancia de peso (GP), tasa de crecimiento específico (TCE), conversión alimenticia aparente (CAA), incremento de talla (IT), sobrevivencia y relación beneficio/costo. Las diferencias estadísticas se determinaron mediante análisis de varianza - ANOVA y la diferencia entre medias a través de la prueba de Tukey al 95% de significancia. Se encontró que el tratamiento T2 mostró en términos estadísticos los mejores parámetros de producción de tilapia con una GP de  $2.27 \pm 0.012$  gramos diarios durante toda la etapa experimental, una TCE de  $2.06 \pm 0.342$ , CAA de  $1.13 \pm 0.014$ , un IT de  $20.58 \pm 1.23$  cm, mortalidad de 90% y la mayor relación beneficio costo con un valor de 1.65. Se concluye que la restricción por dos días a la semana durante un periodo de 120 días permite mejorar los parámetros productivos de la tilapia y reducir los costos de producción.

**Palabras clave:** Tilapia, peces, alevinos, alimento, crecimiento.

## ABSTRACT

The fishculture of red tilapia (*Oreochromis sp.*) in the state of Putumayo (Colombia) is an alternative of food security and income generation both at an extensive and intensive level. However, techniques have not been developed to improve the profitability of these production systems and specifically food conversion, taking into account that commercial food represents at least 70% of direct production costs (López-Macías 2014). For the above reasons, the present research determined the effect of the food restriction on the zootechnical variables and the compensatory growth, when the specimens completed the full feeding phase, after the fasting period.

The study was conducted in the town of Villagarzón (Putumayo), county known as Bajo Eslabón; with an average temperature of 24.6 ° C, 85% humidity and 4322 mm of average annual rainfall (IDEAM).

The field work was extended over a period of six months and the fish were distributed in four excavated earthen ponds of 130 square meters, each divided by commercial green plastic mesh into four equal compartments of 5 m long x 5 m wide and 0.5 m deep, in order to locate the respective replications.

It was evaluated 800 specimens with an average weight of 10 g: distributed in an unrestricted randomized design – IRD consisting of 4 treatments, each treatment with 200 fish, at a density of 2 animals per square meter and each replication with 50 tilapias. The treatments studied were:

T0: Without feed restriction, for six months. T1: Feed restriction one day a week, during the first four months and without feed restriction in the two final months of the trial. T2 Feed restriction two days a week, during the first four months and without feed restriction in the two final months of the trial. T3: Feed restriction three days a week, during the first four months and without feed restriction in the two final months of the trial. The following variables were evaluated: weight gain, specific growth rate, feed conversion, length increase, survival rate, and cost/benefit ratio. The statistical differences of each treatment were determined by analysis of variance - ANOVA and the differences between treatments by a Tuckey test at 95% of significance.

It was found that the T2 treatment showed in statistical terms the best tilapia production parameters with a weight gain of 2.27 grams per day throughout the experimental stage, a specific growth rate of 2.06, the apparent feed conversion of 1.13, a length increase of 20.58 cm, mortality of 90% and the highest cost benefit ratio with a value of 1.65.

It was concluded that the restriction for two days a week during a period of 120 days, improve the productive parameters of tilapia and reduce production costs.

**Keywords:** Tilapia, fish, fingerlings, food, growth.

## INTRODUCCIÓN

La piscicultura de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el departamento del Putumayo es uno de los renglones productivos más importantes. Esta región presenta condiciones ideales para la producción acuícola debido a su riqueza hídrica, diversidad ictiológica, calidad de agua, variedad de suelos, climas, cultivos y zona estratégica fronteriza; convirtiéndose en una alternativa para la seguridad alimentaria, el desarrollo socioeconómico y fundamento de los planes de sustitución de cultivos ilícitos (Ferguson et al. 2013).

Los costos de alimentación continúan representando el mayor porcentaje de los costos de producción. Por tanto, es necesario evaluar nuevas tecnologías, con el fin de implementar programas rentables de alimentación, que mejoren los incrementos de peso y sobrevivencia de los animales. Dentro de las estrategias, que mejoran el uso eficiente de la dieta sobre las variables zootécnicas, tales como: conversión alimenticia, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento simple, ganancia de peso, incremento de talla y porcentaje de sobrevivencia, se encuentra la restricción alimenticia; la cual puede practicarse parcial o totalmente durante las fases de levante y finalización.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1 Clasificación Taxonómica de la Tilapia Roja (*Oreochromis* sp).

De acuerdo con Guerrero y Montenegro (2012), la clasificación taxonómica de la tilapia roja es:

Reino:	Animal
Phylum:	Chordata
Subhylum:	Vertebrata
Clase:	Teleostomi
Superclase:	Actinopterygii
Superorden:	Acanthoterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Género:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>Oreochromis</i> sp
Nombre común:	Tilapia roja, mojarra roja, pargo de agua dulce, red snapper.

Alvarado (2015) menciona que "La tilapia roja (*Oreochromis* sp) hace parte de la familia de los cíclidos; proveniente de tres especies de origen africano y una israelita: *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus*, *O. hornorum* y *O. aureus*"

Según Al *et al.* (2012), el híbrido (*Oreochromis* sp) tuvo mayores ventajas sobre las otras especies, mejorando el porcentaje de grasa muscular, filete grande, ausencia de espinas musculares, mayor crecimiento, mejor adaptabilidad, mayor resistencia a enfermedades, mejor textura de la carne y una excelente coloración, para ser aceptada en el mercado.

Según Lorenzo (2011), el género *Oreochromis* se clasifica como omnívoro, debido a una mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, con tendencia hacia el consumo de zooplancton.

Koh, Zahrah y Tang (2014) mencionan que la familia ciclidae tiene tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o bien de pequeños invertebrados, o son piscívoros. Las adaptaciones estructurales de los ciclidos, a este tipo de dietas, se debe principalmente a un intestino largo muy plegado, dientes bicúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos.

Flores y Ordoñez (2014) señalan que la tilapia tiene branqui-espinas, las cuales le permiten filtrar el agua y obtener su alimento. Este consiste de algas y organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son desintegrados de forma mecánica por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de absorción de macromoléculas (carbohidratos, proteína y lípidos) en el intestino.

De acuerdo con Maraya y Randow (2012).

“Una característica de la mayoría de las tilapias es que se adaptan con mucha facilidad a los alimentos suministrados artificialmente. Para su cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, residuos de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales. Todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia, la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55 % (peso seco) aproximadamente. Los usos más importantes del alimento absorbido lo disponen para el mantenimiento y el

crecimiento de la especie. El exceso de alimento es almacenado en forma de grasa; una vez satisfechos los requerimientos nutricionales”.

## **1.2 Proporción de Proteína y Energía en las Dietas**

Según Izquierdo y Salazar (2012) la relación proteína/energía ha sido objeto de estudio en diferentes especies y los resultados obtenidos no siempre han sido concluyentes, ni comparable tan siquiera con la misma especie. Existen considerables diferencias entre relaciones recomendadas para diferentes especies, con valores que varían entre 15 y 30 g de proteína/MJ de energía, siendo normalmente más elevados en peces carnívoros que en peces omnívoros o herbívoros.

Pezzato *et al.* (2013) encontraron que la energía requerida para el mantenimiento y la síntesis de proteínas, es menor en peces que en mamíferos, por lo tanto, la relación proteína-energía es mayor, principalmente debido a los bajos niveles de requerimiento de energía.

Los mismos autores (2013) indican que es importante suministrar alimentos que contengan un nivel energético óptimo, ya que un exceso o defecto de energía, puede resultar en una reducción en la tasa de crecimiento.

Valbuena, Zapata y Rosado (2013) señalan que para que un pez alcance la velocidad de crecimiento; la tasa de acumulación de proteína tiene que ser máxima. Esto solo es posible cuando la dieta consumida tiene energía y proteína de alta digestibilidad en niveles y proporciones adecuadas.

López-Macías (2014) refiere que la investigación sobre los requerimientos energéticos de los peces es escasa, debido a que los ensayos nutricionales han priorizado la determinación de las

necesidades de proteína, minerales y vitaminas. Afortunadamente, las raciones prácticas para la mayoría de las especies, no contienen materias primas que aporten un exceso o déficit de energía, siempre y cuando se suministre la cantidad adecuada de proteína.

El mismo autor (2014) refiere que:

“La proporción de proteína: energía es de 9 a 11 kcal por kg de alimento según la especie íctica. Las proteínas son continuamente usadas por el animal, bien sea para formar tejidos nuevos, como sucede en el crecimiento y en la reproducción, o para reparar el desgaste normal de los tejidos. En consecuencia, el animal presenta una necesidad diaria de consumo de proteínas o aminoácidos. Cuando la dieta no suministra una adecuada cantidad de proteína a los peces, se presenta una reducción o cesación de crecimiento y finalmente pérdida de peso, debido a que los animales retiran proteínas de varios tejidos, con el fin de mantener las funciones de los órganos vitales”.

Por otra parte, Rodríguez et al. (2014) señala que el nivel de proteína que contenga determinado tipo de alimento, influye directamente en el peso corporal de cualquier especie, pero este valor debe estar en un rango adecuado, para que no repercuta en desempeño del animal. La proteína cruda requerida en muchas especies de peces generalmente está entre el rango de 25 a 55%.

Fraga et al. (2012) expresan que los organismos tienen un requerimiento proteico, pero realmente el requerimiento es de una mezcla balanceada de aminoácidos esenciales y no esenciales. El inadecuado consumo de estos, conlleva a un retardo en el crecimiento, ya que su utilización se privilegiará para el mantenimiento de funciones vitales. Por otro lado, un excesivo consumo puede resultar en una pérdida económica, pues se considera que este nutriente es el más

costoso dentro del sistema de formulación de dietas balanceadas y al suministrarlo en exceso sería utilizado como fuente de energía.

De acuerdo con Ibarz, Blasco & Fernández (2013), cuando la dieta tiene insuficiente energía, hecho nocivo para los animales, hay un aumento en la excreción de amonio, que incrementa la polución en el efluente. De igual manera, un exceso de energía en la dieta con respecto a la proteína, lleva a una deficiente ingesta de proteína y de otros nutrientes, ya que como fue dicho antes, los peces consumen alimento para satisfacer principalmente su requerimiento energético. En ambos casos el resultado es un retardo en el crecimiento.

Igualmente, Morillo *et al.* (2013) refieren que los peces usan eficientemente la proteína como fuente de energía de hecho, un mayor porcentaje de la energía digestible de la proteína, es metabolizada por los peces en comparación con los animales terrestres; parte es atribuido al eficiente mecanismo de excreción de nitrógeno de los peces.

Los mismos autores (2013) también manifiestan que una ración con desbalance en relación a la proteína, facilita el uso de la proteína como fuente energética, para satisfacer las necesidades de mantenimiento. Esto finalmente disminuye la eficiencia de utilización de grasas y carbohidratos como fuentes energéticas. Los niveles de proteína bruta requeridos para un óptimo crecimiento, varían en las diferentes especies con las condiciones de cultivo, condiciones ambientales, estado fisiológico y desarrollo de los individuos.

### **1.3 Energía Digestible**

De acuerdo con Izquierdo y Salazar (2012) el contenido de energía bruta en el alimento, no es una medida exacta del valor energético para el animal. Los valores de energía bruta y

energía digestible para los diferentes propósitos productivos, varían ampliamente con las distintas materias primas utilizadas en las dietas, siendo el factor más importante la digestibilidad. Por tanto, la energía digestible, es la diferencia entre la energía bruta del alimento consumido y la energía perdida a través de las heces.

Gutiérrez, Quispe y Valenzuela (2013) indican que la energía ingerida a través de los alimentos, puede seguir diferentes rutas metabólicas en el animal, existiendo varios lugares donde la energía perdida puede ser recuperada. Las pérdidas de energía ocurren en las heces, orina y excreciones branquiales y como calor. El pez necesita minimizar esas pérdidas para obtener un óptimo desempeño.

De igual manera Gutiérrez-Espinosa, Yossa-Perdomo & Vásquez-Torres (2011) manifiestan que la energía no es un nutriente propiamente dicho, pero es una propiedad de los nutrientes que es liberada durante el metabolismo de lípidos, proteínas y carbohidratos. Un correcto balance de energía es importante cuando se formulan dietas para peces, debido a que una cantidad elevada puede resultar en una disminución en el consumo de alimento y en un incremento en la deposición de grasa. Sin embargo, aunque la reducción en el contenido energético de la dieta puede disminuir el exceso de grasa, la ganancia de peso podría no verse afectada.

Para Llanes *et al.* (2012) los peces que no acumulan grandes cantidades de lípidos, son las proteínas del músculo blanco, la principal fuente de energía durante restricciones prolongadas.

De acuerdo con Sarker *et al.* (2015):

“La energía es liberada durante la oxidación metabólica de los nutrientes (carbohidratos, grasas y aminoácidos) ingeridos en el alimento. Por eso, para muchas especies, han sido determinadas las exigencias dietéticas de estos nutrientes esenciales conjuntamente con las exigencias de energía. Como principio general, los animales, incluyendo a los peces, comen para satisfacer sus necesidades energéticas indispensables (metabolismo básico, actividades rutinarias, crecimiento, reproducción, etc.); es decir, la cantidad de alimento que cada organismo debe consumir, es gobernada por su propia tasa metabólica”.

Los mismos autores (2015) concluyeron que la alimentación más eficiente, es aquella que provee energía y nutrientes esenciales en las proporciones en que lo requiere el pez para mantenerse vivo y crecer. Cualquier desviación de una composición «ideal», se reflejará en una modificación de las exigencias cuantitativas de alimento.

Huang *et al.* (2015) sugiere que los peces obtienen su energía catabolizando carbohidratos, lípidos y aminoácidos del alimento; por ello es importante que las raciones contengan un nivel energético óptimo, ya que un exceso o defecto de energía, puede resultar en una reducción de las tasas de crecimiento.

“El exceso provocará una disminución en la ingestión del alimento, y por otro lado, dará lugar a una deposición excesiva de grasas en el cuerpo del pez; al contrario, una dieta con una densidad energética baja, hará que el pez utilice los nutrientes ofrecidos en la ración, en primera instancia la proteína, para cubrir sus requerimientos de energía, en lugar de canalizarlos para la síntesis de tejido nuevo”.

**1.3.1 Eficiencia energética de los peces.** Vidal *et al.* (2015) determinaron que los peces son los animales más eficientes en la utilización de las proteínas para la formación de nuevos tejidos; además los organismos hidrobiológicos de cultivo utilizan las proteínas, azúcares, dextrinas, almidones y triglicéridos como fuentes de energía.

De igual manera, Deyab y Hussein (2015) indican que la energía metabolizable, disponible en las materias primas proteicas, es mucho más alta para las especies ícticas, que para animales de sangre caliente, debido a que estos no regulan la temperatura corporal. Los carbohidratos simples son parcialmente digeridos por las especies ícticas a diferencia de los animales terrestres, de tal manera que las pérdidas energéticas durante la digestión son las que tienen mayor valor en comparación con las pérdidas de energía liberada de las branquias y las excreciones urinarias.

#### **1.4 Restricción Alimenticia**

Perdomo *et al.* (2013) manifiestan que la restricción alimenticia es el fenómeno mediante el cual se disminuye en el animal las posibilidades de adquirir alimento; la restricción puede darse en términos de cantidad y/o calidad de la dieta.

De acuerdo con Riaño (2012) las especies acuícolas enfrentan de manera natural u obligada periodos de ayuno o de restricción alimenticia, bien sea por causa de factores externos o de aquellos que forman parte de su ciclo de vida.

López y Anzoátegui (2013) mencionan que no se debe descartar la posibilidad de que, durante la fase de ayuno, los animales desarrollen cambios fisiológicos irreversibles que van en detrimento de su bienestar; estos efectos pueden depender del estadio de desarrollo en el que se encuentre el individuo y de la severidad del ayuno al que se someta.

Zambrano y Landines (2011) refieren que los peces cuando son sometidos a restricciones severas de alimento, su metabolismo se adapta respondiendo a cambios endocrinos, modificando la movilización de reservas y empleando mecanismos para limitar el gasto energético.

Igualmente mencionan (2011) que “en la duración del período de ayuno existen dos estados fisiológicamente diferentes. El primero se relaciona con las fases tempranas del ayuno (períodos menores a 7-10 días) y se caracteriza por la movilización rápida de las reservas disponibles. El segundo está vinculado a períodos crónicos de ayuno y se asocia a un pronunciado catabolismo lipídico y proteico, así como a pérdida de peso corporal”.

Por otra parte, Rodríguez y Landines (2011) indican, que la alimentación restringida se ha practicado en el cultivo de tilapia en las Filipinas, con el objetivo de reducir los costos de producción y generar menos contaminantes en el agua. Con la alimentación restringida a 67% reportaron un importante incremento en la rentabilidad del engorde de tilapia versus la alimentación a 100%.

“Los individuos que experimentan una escasez en la disponibilidad de alimento deben usar la energía almacenada para el metabolismo, la actividad física, el crecimiento y la reproducción. La resistencia a la muerte por falta de alimento refleja la habilidad de un animal para almacenar energía y controlar la utilización de sus reservas durante circunstancias extremas” (Rodríguez y Landines 2011).

Riaño (2012) sugiere que la restricción alimenticia es un evento posible y natural dentro del ciclo de vida de diferentes especies; es posible identificar como las mismas exhiben mecanismos que les permiten adaptarse, ajustando la energía disponible con el propósito de sobrevivir y preservar las principales funciones del organismo, a través de la movilización de nutrientes con la consecuente pérdida de peso. A la vez estudios en peces sometidos a periodos de restricción alimenticia, han demostrado que existen respuestas fisiológicas mediante las cuales se presenta una disminución de las reservas energéticas, re-direccionando la energía hacia el metabolismo de mantenimiento, lo cual se expresa con la disminución de la tasa de crecimiento, factor de condición corporal, peso de diferentes órganos (hígado, músculo), tejido adiposo y un aumento en la movilización de glucosa, lípidos y aminoácidos de reserva.

Por otra parte, Nieto-Suarez (2012) señala que animales con crecimiento compensatorio tienden a presentar tasas de crecimiento más rápidas que aquellos animales que no han sufrido depresión en su crecimiento.

#### **1.4.1 Fuentes de energía y metabolismo en periodos de restricción alimenticia.**

“Todos los animales continuamente gastan energía, la cual es usada para el mantenimiento de las funciones vitales, pero ello no significa que constantemente se encuentren procesando alimento, por lo tanto, ellos pueden resistir situaciones en las cuales dependen de sus fuentes endógenas para llevar a cabo diferentes procesos como supervivencia y reproducción”.

Según Bermúdez, Muñoz y Wills (2012) los peces cuando son sometidos a restricciones severas de alimento, su metabolismo se adapta respondiendo a los cambios endocrinos, modificando la movilización de reservas y empleando mecanismos para limitar el gasto energético. La respuesta comportamental del pez a la inanición ha sido resumida en tres fases,

que describen los diferentes cambios químicos: (i) Fase corta (24h), en la que el animal aumenta su esfuerzo en la búsqueda de alimento; (ii) Fase de transición, el pez reduce gradualmente el nado y por ende el gasto de energía y (iii) Fase de adaptación, poca actividad metabólica que persiste hasta que el pez encuentra alimento.

Riaño (2012) indica que los peces como otros vertebrados pueden reducir su demanda energética, algunas veces, disminuyendo su tasa metabólica, lo cual se refleja con una disminución en el consumo de oxígeno. Por lo tanto, se requiere una reorganización de los procesos metabólicos como estrategia que permita usar las reservas energéticas.

El mismo autor (2012) menciona, que como regla general se ha observado una tendencia a conservar la proteína corporal a expensas del uso del glucógeno y las reservas de lípidos como fuente de energía, cuando estas dos reservas son prácticamente agotadas, se da una movilización de proteína principalmente del músculo esquelético.

Y los periodos continuos de restricción (mayores a 5 semanas) y alternados con periodos de realimentación, han mostrado tener efectos significativos sobre la movilización de los principales componentes musculares para cubrir las necesidades energéticas de los organismos.

### **1.5 Crecimiento Compensatorio**

De acuerdo con Riaño (2012), el crecimiento compensatorio se define como la fase de crecimiento acelerado que se presenta cuando condiciones favorables son restablecidas luego de un periodo de crecimiento deprimido.

El mismo autor (2012) menciona que la capacidad con que los individuos regulan su crecimiento y logran o no un crecimiento compensatorio, luego de un periodo de escasez alimenticia, puede variar según diversos factores como la edad, temperatura, severidad y

duración de la restricción y la realimentación, método de realimentación, tasa de alimentación, estado fisiológico, maduración de los peces, composición de la dieta, etc. El crecimiento compensatorio también ha sido observado después de la exposición a condiciones anormales como bajas temperaturas, hipoxia, entre otros.

“El fenómeno llamado crecimiento compensatorio se produce después de estar sometidos a periodos de escasa o nula alimentación, la cual puede deberse a condiciones ambientales, como sucede durante el invierno cuando se produce una reducción de la tasa metabólica determinada por las bajas temperaturas invernales, estas inducen a un bajo consumo de alimento, o situaciones de otra índole, que determinan una disminución del acceso a las fuentes de alimentación por parte de los animales” (Noguera et al. 2010).

Según Noriega *et al.* (2014) el crecimiento compensatorio puede estar influenciado por factores como la temperatura, la composición dietaria, el sexo, el estado de madurez, la historia alimenticia del pez, la eficiencia alimenticia y la severidad de la restricción alimenticia impuesta.

Igualmente, Malpica, Ramírez y Torres (2014) muestran que la importancia del crecimiento compensatorio, radica en que la velocidad de crecimiento durante la fase de compensación, es superior o igual a la de aquellos individuos que han estado alimentándose constantemente, lo que permite que los tamaños de los peces subalimentados, puedan alcanzar una compensación total o parcial.

Por otra parte, Rodríguez y Landines (2011), sugieren que esta evolución acelerada disminuye, las tasas típicas de crecimiento conforme el pez recupera su biomasa. El índice de grasa visceral y el factor de condición corporal pueden ser considerados como posibles

predictores de una respuesta de crecimiento compensatorio y de la distribución de la energía durante la época de inanición.

En investigaciones realizadas por Perdomo *et al.* (2013), se recomendó el crecimiento compensatorio (CC) para reducir el alto costo de la producción piscícola, pudiendo ser empleado para optimizar la tasa de crecimiento, disminuir el tiempo de engorde y mejorar la eficiencia en la conversión alimenticia.

La compensación se puede presentar en tres diferentes grados: compensación parcial, en la cual los individuos restringidos no alcanzan igual tamaño a la misma edad de animales no restringidos. Sin embargo, presentan altas tasas de crecimiento y pueden tener mejores tasas de conversión alimenticia durante el periodo de realimentación; compensación total, en la cual los animales que fueron sometidos a restricción, alcanzan igual tamaño a la misma edad que animales no restringidos; sobre-compensación, aunque poco frecuente, se presenta cuando animales que fueron restringidos, alcanzan un mayor tamaño a la misma edad de animales no restringidos (López-Macias 2014).

Por otro lado, Riaño (2012) indica que también se puede presentar la no compensación del crecimiento, en la cual la tasa de crecimiento de los animales continúa de acuerdo al peso obtenido al final del periodo de ayuno y no logran alcanzar el peso de peces no restringidos de la misma edad.

Según Zamudio (2014) el alto consumo de alimento es un mecanismo que incorpora en el menor tiempo posible los nutrientes perdidos durante el ayuno, de esta manera el objetivo es equilibrar las reservas energéticas en los tejidos. Para ello, se requiere que la realimentación sea *ad libitum*, además de ser lo suficientemente larga como para permitir la restauración, la

funcionalidad; estará supeditada al incremento en la frecuencia de consumo de los peces y la capacidad ingestiva que tenga.

Según Hurt et al (2015), menciona que uno de los fenómenos más relevantes en el comportamiento de distintas especies de peces en producción es que por diversas circunstancias, fundamentalmente de índole ambiental y de manejo, pueden dejar de alimentarse durante importantes períodos de tiempo dentro del ciclo productivo, que de no ser considerados y aprovechados pueden acarrear importantes pérdidas de rentabilidad en la producción. Esta situación puede ser utilizada en favor de mejores rendimientos, si se considera que luego de períodos con escasa o nula alimentación, los peces desarrollan el fenómeno de crecimiento compensatorio a través del cual los animales tienden a recuperar rápidamente el peso no ganado, e incluso perdido, llegando a igualar o incluso a superar en peso hacia el final del período de compensación a sujetos en condiciones de alimentación rutinarias (Souza et al., 2003).

El mismo autor (Souza et al., 2003) menciona que se observe el momento en que los peces recuperan el apetito y desencadenan el crecimiento compensatorio a expensas de un mayor consumo de alimento y mejor conversión alimentaria, fenómeno que se sucede hasta alcanzar las condiciones fisiológicas previas a la situación de estrés alimentario (Jobling & Johansen 1999).

Arauco & Costa (2012) mencionan que los estudios han demostrado que, durante ausencia o reducción del alimento, los peces utilizan diferentes estrategias hormonales y metabólicas para sobrevivir. Se produce una disminución de la tasa de crecimiento del animal y reducción del tamaño del tracto gastrointestinal. Cuando el suministro del alimento es normalizado, todos los procesos fisiológicos pasan a ser restablecidos, así, los peces utilizan

primero el alimento para suplir las necesidades energéticas en el mantenimiento de procesos vitales y reponer el catabolismo del tejido y, solamente después, el resto pasa a ser usado.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Determinar los efectos de distintos planes de la restricción alimenticia sobre el crecimiento de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) durante las fases de levante y finalización.

### 2.2 Objetivos Específicos

**2.2.1** Evaluar ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, conversión alimenticia aparente, incrementos periódicos de talla y porcentaje de sobrevivencia de los distintos tratamientos.

**2.2.2** Calcular la relación beneficio costo de los tratamientos.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Localización

La investigación se realizó en la finca La Esperanza, ubicada a 2.7 km del municipio de Villagarzón (Putumayo), vía a la Vereda Bajo Eslabón, con coordenadas de 01°02'15,1" latitud norte y 76°38'0,6" longitud oeste, altura de 454 msnm con temperatura promedio de 24.6°C, humedad relativa de 85% y precipitación total anual de 4322 mm (IDEAM, Figura 1).



*Figura 1. Localización.*

#### 3.2 Materiales, equipos e insumos

- Balanza digital KD-KE Capacidad de 0,2 g – 1500 g
- pH-metro Hanna HI98127 Tester de pH/Temperatura pHep ®4
- Nasas plásticas de 0.08m<sup>2</sup>
- Pie de rey de 0,1mm

- Alimento comercial de 38%,32% y 24% de proteína
- Recipientes plásticos capacidad de 10 litros
- Malla plástica verde marca Diamante 11x11mm

### 3.3 Periodo de Estudio

El ensayo tuvo una duración de seis meses, que incluyó todas las actividades referentes a la adecuación de instalaciones, preparación de los sitios de cultivo, la adquisición de materiales y equipos y el desarrollo del trabajo de campo.

### 3.4 Instalaciones

Se utilizaron cuatro estanques en tierra de 130 metros cuadrados, cada uno se dividió en cuatro compartimentos de las siguientes dimensiones (5 m de largo x 5 m de ancho y 0.5 m de profundidad), con malla plástica verde comercial, con un ojo de malla de 11x11mm, con el fin de ubicar las réplicas de los distintos tratamientos. El abastecimiento de agua, se realizó mediante manguera de una pulgada de diámetro, desde la bocatoma hasta los estanques (figura 2).



*Figura 2. Instalaciones.*

**3.4.1 Profilaxis.** Como medida profiláctica se aplicó al piso y paredes de cada estanque vacío, 0.1 kg de cal agrícola por  $m^2$  posteriormente, se efectuó el llenado y se fertilizó con abono químico triple quince en una dosis de  $5 g/m^2$ , después de cinco días se realizó la siembra de los ejemplares (figura 3).



*Figura 3. Encalado de estanques.*

### **3.6 Material biológico**

Se evaluaron 800 ejemplares de (*Oreochromis sp*) con un peso promedio de  $10 \pm 0.01$  g, provenientes de la Estación Piscícola Aquamazonia del municipio de Villagarzón departamento del Putumayo, distribuidos en 50 ejemplares por unidad experimental, para un total de 200 peces por tratamiento, a densidades de siembra de  $2$  peces/ $m^2$ .

Una vez estaban listos los estanques con sus respectivas divisiones, se procedió a realizar la limpieza y remoción de lodos y se dejaron expuestos al sol por tres días. Luego se aplicó cal agrícola en proporción de  $0.1$  kg/ $m^2$  distribuidos en el piso y taludes, con el fin de corregir pH y eliminar insectos predadores e iniciar el llenado de los estanques, verificando posibles filtraciones de agua, las cuales se subsanaron con arcilla y finalmente se efectuó la siembra de los ejemplares, según el diseño experimental establecido.

**3.6.1 Aclimatación y siembra.** A la llegada de los animales a las instalaciones, se realizó la revisión de los mismos, teniendo en cuenta su estado de actividad, número de animales muertos y la temperatura del agua de la bolsa. Se procedió a dejar flotar las bolsas durante 20 minutos en la superficie del agua. Una vez transcurrido este tiempo, se abrieron los contenedores y se adicionó agua del estanque para igualar las condiciones fisicoquímicas del agua de las bolsas.

En el momento de la siembra de los alevinos, se distribuyeron en los cuatro tratamientos en los respectivos estanques. Antes de la liberación de los individuos a los estanques, se utilizó un tratamiento profiláctico con 30 g de sal marina (NaCl) por litro de agua, por un periodo de 30 segundos, para evitar ataques por parte de agentes patógenos, que podrían afectar el desarrollo de los animales en la investigación.

**3.6.2 Muestreos.** Se efectuaron muestreos cada dos semanas tomando el 10% de la población en cada unidad experimental, para determinar peso y longitud, para ello los animales fueron capturados en ayunas con el fin de reducir la tasa metabólica y su efecto negativo en el pesaje, luego se colocaron en recipientes plásticos con agua, con el fin de evitar lesiones en los animales al momento de realizar las actividades de pesajes, para la toma de medidas se utilizó un calibrador pie de rey y una balanza electrónica, los datos fueron registrados en las correspondientes bases de datos, esto permitió determinar la biomasa de cada tratamiento para el cálculo del alimento de la semana siguiente de acuerdo a cada réplica para la consolidación de la información.

Los animales después de cada muestreo se sometieron a un baño por inmersión de sal marina (NaCl) a dosis de 30 g/litro de agua durante 30 segundos para evitar la proliferación de agentes patógenos en los ejemplares muestreados.



*Figura 4. Muestreo.*

### **3.7 Alimentación**

Para la alimentación se realizó el siguiente proceso: primero se tuvo un periodo de 15 días de adaptación a las condiciones experimentales, durante el cual los peces recibieron alimento balanceado comercial de 38% de proteína con el fin de disminuir las posibles fuentes de variación, en el transcurso del ensayo.

Los animales fueron alimentados, según el plan de restricción experimental, con alimento balanceado comercial para tilapias de 38% y 32% de proteína bruta, durante la fase de levante, suministrado al 6% del peso vivo diariamente (P.V.D), y 24% de proteína en la etapa de

finalización, proporcionado al 3% de la biomasa, fraccionado en cuatro comidas al día, según el plan de restricción experimental.

### 3.8 Hipótesis

**3.8.1 Hipótesis nula (H0).** La restricción de alimento en los diferentes tratamientos, no genera crecimiento compensatorio, afectando negativamente los parámetros de conversión alimenticia, incremento de peso y talla de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en las fases de levante y finalización.

$$H0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

**3.8.2 Hipótesis alterna (H1).** La restricción de alimento en los distintos tratamientos, genera crecimiento compensatorio, afectando positivamente los parámetros de conversión alimenticia, incremento de peso y talla de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en las fases de levante y finalización.

$$H1: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$$

### 3.9 Diseño Experimental y Análisis Estadístico.

**3.9.1 Diseño experimental.** Las variables conversión alimenticia, ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, incremento de talla, porcentaje de sobrevivencia, se sometió a un diseño irrestrictamente al azar (DIA) aplicando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Respuesta de la  $j$  – ésima unidad experimental que recibe el  $i$ –ésimo tratamiento.

$\mu$  = Media

$t_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$i$  = tratamiento

$j$  = réplica

$e_{ij}$  = error experimental asociado a la  $j$ -ésima unidad experimental sometida al  $i$ -ésimo tratamiento

Las diferencias entre tratamientos se evaluaron por ANDEVA y el mejor tratamiento por prueba de Tuckey.

Los análisis se realizaron en el paquete estadístico SPSS versión 20 (2009).

**3.9.2 Tratamientos.** Se evaluaron cuatro tratamientos, con cuatro réplicas cada uno y cada réplica con 50 ejemplares para un total de 200 peces de la siguiente forma:

T0: Sin restricción alimenticia, durante seis meses.

T1: Restricción alimenticia un día a la semana, durante los cuatro primeros meses y sin restricción en los dos meses finales del ensayo.

T2 Restricción alimenticia dos días a la semana, durante los cuatro primeros meses y sin restricción en los dos meses finales del ensayo.

T3: Restricción alimenticia tres días a la semana, durante los cuatro primeros meses y sin restricción en los dos meses finales del ensayo.

### **3.10 Variables evaluadas**

Las variables estudiadas en la investigación fueron las siguientes:

➤ **Ganancia diaria de peso (GDP):** Es la relación entre el peso inicial menos el peso final, dividido entre el tiempo experimental.

$$GDP = \frac{Pf - Pi}{T}$$

Dónde:

$P_f$ : Peso final en gramos

$P_i$ : Peso inicial en gramos

T: tiempo en días

➤ **Tasa de crecimiento específico (TCE):** Logaritmo del peso final menos logaritmo del peso inicial, dividido entre periodo experimental (días) y multiplicado por 100.

$$TCE (\%) = [(LnP_f - LnP_i) / T] \times 100$$

Dónde:

TCE: Tasa de crecimiento específico

$LnP_f$ : Logaritmo del peso final

$LnP_i$ : Logaritmo del peso inicial

T: Tiempo en días

➤ **Conversión alimenticia aparente:** Relación entre la cantidad de alimento suministrado y el incremento de peso obtenido.

$$CA = \frac{IP}{AC} \times 100$$

Dónde:

CA: Conversión alimenticia

AC: Alimento consumido

IP: Incremento de peso

➤ **Tasa de Supervivencia (%S).** Corresponde al porcentaje de animales que sobreviven al final del periodo experimental.

$$S (\%) = \left( \frac{NF}{NI} \right) \times 100$$

Dónde:

S: Porcentaje de supervivencia

NF: Número total de animales supervivientes al final del periodo de estudio

NI: Número inicial de animales en el periodo de estudio

Para determinar las diferencias estadísticas significativas con relación a esta variable, se utilizó la prueba de Brand Snedecor. Esta variable binominal discreta, se calcula con la fórmula:

$$X^2_c = \frac{[\sum a_i * p_i] - [p * \sum a_i]}{pq}$$

$X^2_c \geq X^2(1 - \alpha)$  Existen diferencias estadísticas significativas.

Dónde:

$X^2_c$ : Chi cuadrado

$a_i$ : Número de éxitos

$p$ : Número de probabilidad de éxitos en una sola prueba

$p_i$ : probabilidad asociado al  $i$ -ésimo elemento

$q$ :  $1 - p$

$H_0$ :  $\mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ . Los tratamientos aplicados no presentarán diferencias significativas con respecto a la media en la variable tasa de sobrevivencia.

$H_1$ :  $\mu_0 \neq \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ . Por lo menos uno de los tratamientos presentará un efecto medio diferente en la variable tasa de sobrevivencia.

➤ **Incremento de talla:** Relación de la talla final menos la inicial, en un periodo determinado.

$$IT = Tf - Ti$$

Dónde:

IT = Incremento de talla

Tf= Talla final

Ti= Talla inicial

➤ **Relación beneficio - Costo:** Resulta de dividir los beneficios (flujos de efectivo) con los costos variables, a precios actuales.

$$B/C = \frac{UB}{TE}$$

Dónde:

B/C: Relación beneficio costo

UB: Utilidad bruta

TE: Total de egresos

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Ganancia de Peso e Incremento Periódico de Peso.

La ganancia de peso (diaria y total) y los resultados estadísticos se pueden observar en la tabla 1. Se encontraron diferencias significativas para ambos parámetros ( $p < 0.05$ ); la prueba de Tukey indicó que el T2 registra la mayor ganancia de peso, con relación a T0, y el T3 mostró la menor ganancia.

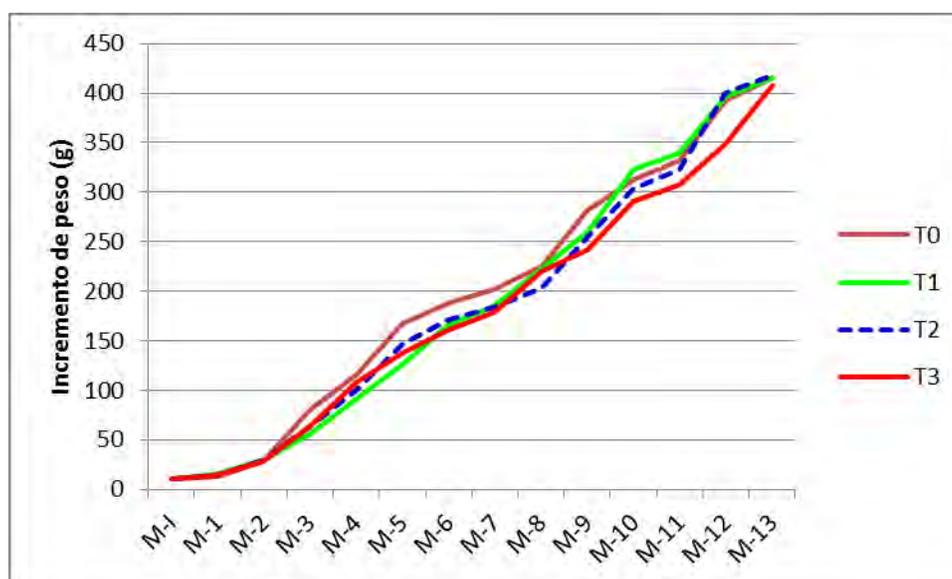
**Tabla 1.**

*Peso a los 180 días, ganancia de peso diaria y total expresadas en gramos.*

Tratamiento	GDP (g)	GPT (g)	Peso a 180 días (g)
T0	2.252 <sup>b</sup> ± 0.012	405.39 <sup>b</sup> ± 2.16	415.41 ± 2.15
T1	2.254 <sup>ab</sup> ± 0.035	405.71 <sup>ab</sup> ± 6.27	415.74 ± 6.29
T2	2.268 <sup>a</sup> ± 0.038	408.29 <sup>a</sup> ± 6.80	418.31 ± 6.78
T3	2.207 <sup>b</sup> ± 0.014	397.15 <sup>b</sup> ± 2.55	407.18 ± 2.55
EEM	0.001	0.46	-----

**GPD:** ganancia diaria de peso, **GPT:** ganancia de peso total para los 180 días. Media ± desviación estándar. EEM: error estándar de la media. Letras diferentes en columna muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

En la figura 5 se observa el incremento de peso hasta los 180 días (muestreo 13). El crecimiento es similar hasta el 2 muestreo (M2; 15 días), a partir de este momento el tratamiento T3 tiene un descenso que se mantuvo hasta el final de la investigación, mientras que los tratamientos T1 y T2 presentaron una recuperación a partir de la realimentación. El tratamiento con un día de restricción (T1) alcanzó un peso similar al T0, y el tratamiento con dos días de restricción (T2) tuvo un mayor peso.



**Figura 5. Incremento de peso durante el periodo experimental.**

La variación del tratamiento T3 se debe a un déficit de alimento como consecuencia de la restricción de tres días a la semana, donde el aporte de nutrientes fue insuficiente para suplir las necesidades nutricionales de la especie, lo que llevó a un desgaste de reservas durante la restricción, que no fueron compensadas en la realimentación y provocó una disminución severa en el parámetro al final del periodo de evaluación (Rivera et al. 2016).

Según Delgado-Vidal et al. (2009) la fisiología que permite el restablecimiento de la ganancia de peso luego de una restricción alimenticia no se establece del todo, pero se ha señalado que involucra un incremento en el consumo de alimento, cambios en la composición corporal y modificaciones en la utilización de la energía por parte de los peces, que afecta de manera positiva los parámetros productivos (Barragán-Zambrano 2006).

Sin embargo, restricciones severas comprometen el desarrollo del animal, ya que existe la posibilidad de no compensar con el consumo de alimento sus necesidades nutricionales (Vigliano et al. 2002), caso que se evidencia en los resultados del tratamiento T3 (tres días de restricción).

Espejo-Gonzales y Torres-Quevedo (2008) indican que la tilapia roja criada en estanque de tierra, con densidad de 15 a 30 animales/m<sup>2</sup> y alimentada con concentrado comercial presentó un crecimiento de 1.5 a 1.7 gramos/día a los 130 días, valores similares fueron encontrados por Valle-Torres y Umanzor-Gálvez (2014) bajo un sistema de cría en tanque. Los resultados encontrados en el tratamiento T1 y T2 se asemejan a los reportados por Ruíz-Velásquez et al. (2006) en tilapia nilótica bajo un sistema de cría semi-intensivo y en tanque de fibra de vidrio. Lo anterior muestra que los tratamientos con restricción de uno y dos días por semana están entre los reportes de la literatura y evidencian la viabilidad de la utilización de la restricción alimenticia en la tilapia roja.

Se resalta el comportamiento del tratamiento con restricción dos veces por semana (T2), ya que tuvo la mejor recuperación al final del periodo experimental. Los valores en este tratamiento indican que, a pesar de observarse una disminución en la ganancia de peso durante los días de restricción, la variable se recuperó de manera satisfactoria al final de la etapa productiva. La restricción alimenticia en los peces permite una serie de cambios fisiológicos para hacer frente a esta falta de alimento y que tiene como objetivo evitar la muerte (Antwi et al. 2017); los procesos vitales durante periodos prolongados de ayuno se mantienen a costa de la utilización de las reservas energéticas que se encuentran en hígado, vísceras y músculo esquelético, que traen como consecuencia la pérdida de peso y una recuperación del mismo luego de ser realimentados (Riaño et al. 2011).

#### **4.2 Tasa de Crecimiento Específico.**

En la tabla 2 se observa los resultados de la tasa de crecimiento específico. Los valores demuestran, que al igual que la ganancia de peso, el tratamiento T2 obtuvo mayor crecimiento

porcentual en comparación con el tratamiento testigo ( $p < 0.05$ ). De igual manera, se halló disminución de este parámetro en las tilapias restringidas tres días por semana (T3,  $p < 0.05$ ).

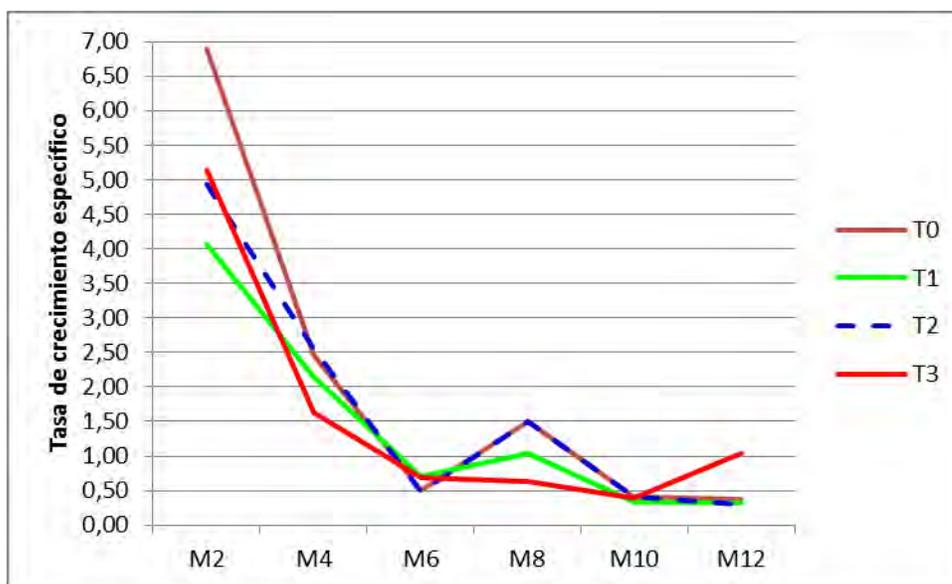
**Tabla 2.**

*Tasa de crecimiento específico.*

<b>Tratamiento</b>	<b>TCE (media)</b>
T0	2,069 <sup>b</sup> ±0,003
T1	2,069 <sup>b</sup> ± 0,007
T2	2,073 <sup>a</sup> ±0.009
T3	2,057 <sup>c</sup> ±0,004
EEM	0,0003

Media ± desviación estándar. EEM: error estándar de la media. Letras diferentes por columna muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

En la figura 6 se aprecia la evolución de la tasa de crecimiento específica (TCE) por muestreo durante todo el periodo experimental (180 d). El T0 (sin restricción) muestra inicialmente la mayor TCE y disminuye con el tiempo, y los tratamientos restringidos se acercan a los obtenidos por el testigo (T0) al final del periodo. El descenso de la tasa de crecimiento específico en todos los tratamientos se observa debido a que los animales durante las primeras etapas de desarrollo presentan procesos anabólicos superiores a los catabólicos y de esta manera el animal es más eficiente en la utilización de los nutrientes para los procesos de acumulación de tejidos, remodelación y sustitución de enzimas gastadas y células viejas; a medida que aumenta la edad del animal los procesos catabólicos se incrementan con lo que disminuye la eficiencia alimenticia de los peces (López-Macías 2014).



**Figura 6.** Evolución de la tasa de crecimiento específica de acuerdo con los muestreos.

Zaquia et al. (2007) encontraron una tasa de crecimiento específica de 1.92 a 2.00 en tilapia manejada en jaulas suspendidas sobre tanques de hormigón y durante un periodo de 130 días; mientras que Ferguson et al. (2010) mostraron resultados de 1.3 a 1.8 en tanque de fibra de vidrio y suplementadas con probióticos a los 120 días. Ambos valores difieren a los encontrados en la presente investigación; sin embargo, las condiciones de cultivo son distintas y pueden determinar cambios en la comparación de los resultados, además, los periodos de evaluación son menores a los presentados en esta investigación, lo que podría explicar los menores valores observados en las otras investigaciones.

Nuevamente, el comportamiento del tratamiento T2 continúa presentando los mejores resultados luego de la realimentación. Al respecto Abdel-Tawwab et al. (2006) sugieren que la alimentación en la tilapia es muy importante, y que esta especie en condiciones controladas presenta resultados favorables al crecimiento compensatorio. Sin embargo, explican que

restricciones severas pueden afectar de manera negativa la productividad de la especie; caso que se evidencia en el tratamiento restringido por tres días a la semana durante los 180 días.

### 4.3 Conversión alimenticia aparente.

La tabla 3 muestra la conversión alimenticia aparente obtenida. Se encontró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). La mayor conversión se obtuvo en el tratamiento testigo, con valores estadísticos similares entre los otros tratamientos. Lo anterior muestra que la restricción de los peces tiene un efecto positivo sobre la conversión alimenticia y mejora con esta. Al respecto, Yang & Jeong-Yeol (2012) encontraron que después de un periodo de restricción alimenticia, la tilapia muestra un aumento de la hiperfagia y una mejor utilización del alimento, ellos observaron que durante la restricción las reservas energéticas son gastadas para mantener a los peces en el metabolismo basal, que luego de reanudar la alimentación se acelera para recuperar estas reservas e incrementar su peso.

**Tabla 3.** *Conversión alimenticia aparente durante el período experimental*

Tratamiento	CAA
T0	2,08a±0,191
T1	1,68b±0,239
T2	1,38c±0,175
T3	1,65b±0,211
EEM	0,103

Media ± desviación estándar. EEM: error estándar de la media. Letras diferentes por columna muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

En el estudio realizado por Llanes-Iglesia et al. (2007) se encontró una conversión de 3.26 a 3.66 en tilapia roja alimentada con un suplemento comercial y su reemplazo por ensilado de residuos pesqueros, bajo condiciones de estanque de fibra de vidrio. Además, la investigación realizada por Peter et al. (2004) mostró conversiones alimenticias entre 1.19 a 1.80 en estanques

de cemento y alimentados con hidrolizado de plumas, valores que son más congruentes con los encontrados en esta investigación.

La comparación de los resultados de la investigación con los reportes de la literatura demuestra que los valores encontrados están dentro del rango de la especie. Sin embargo, es importante observar que el tratamiento con restricción por dos días a la semana muestra la mejor conversión corroborando los resultados observados en las anteriores variables.

#### 4.4 Incremento de Talla.

Los valores de incremento de talla se ven en la tabla 4. Hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). El tratamiento con menor talla fue el T2, seguido por el T3, y finalmente los tratamientos T0 y T1.

**Tabla 4.**

*Incremento de talla de todo el periodo experimental.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>
T0	24,71a±1,188
T1	24,81a±0,478
T2	22,76b±0,600
T3	24,26ab±1,24
EEM	0,47

Media ± desviación estándar. EEM: error estándar de la media. Letras diferentes por columna muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).

Los resultados son similares a los obtenidos por Perea et al. (2011) quienes consiguieron incrementos de 20.9 a 22.2 cm en tilapia roja a los 190 días de evaluación y alimentadas con residuos de pesquería. Por ello, la restricción a dos días no mejoró el parámetro.

Estos resultados pueden comprenderse por la morfología de la tilapia, que tiene una amplitud lateral importante, lo que produce que un pez con menor talla, muestre un mayor incremento de peso, comportamiento que se observa al comparar los resultados de ambas variables en este estudio (Oliverira et al. 2016; Botello et al. 2011).

#### 4.5 Tasa de Supervivencia.

La tasa de supervivencia se ve en la tabla 5. La prueba Brand Snedecor mostró diferencias entre tratamientos ( $p < 0.05$ ). Los tratamientos T2 y T3 tuvieron una menor supervivencia, lo que indica que esta variable fue afectada por la restricción y se incrementa con el aumento de los días sin alimentación durante la semana.

**Tabla 5.**

*Tasa de supervivencia.*

	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Nº inicial de peces</b>	200	200	200	200
<b>Nº final de peces</b>	192	190	180	177
<b>Nº peces muertos</b>	8	10	20	23
<b>% Mortalidad</b>	4,00	5,00	10,00	11,50
<b>% Supervivencia</b>	96,00	95,00	90,00	88,50
<b>Prueba Brand Snedecor</b>	a	ab	c	c

Nebo et al. 2013 encontraron supervivencia de 97 y 98% en tilapia roja alimentadas con diferentes inclusiones de harina de pulpa de café manejadas en estanque de tierra. De igual manera, el MADR mediante el boletín mensual del SIPSA (2014) indica que la supervivencia en tilapia roja se debe mantener en los niveles del 90% para una rentabilidad adecuada del sistema

productivo. Con base en lo anterior los resultados muestran que a excepción del tratamiento T3, los reportes de los otros tratamientos están dentro de los rangos reportados para la especie y confirma la viabilidad de la restricción de uno y tres días por semana durante los 120 primeros días de cría. De esta manera, a pesar de observarse un descenso en la supervivencia de los peces por la restricción de dos días por semana, los valores encontrados están dentro de lo permitido para la especie. Sin embargo, el efecto a nivel económico puede ser significativo, por lo que se debe trabajar en este aspecto.

#### 4.6 Relación Beneficio/Costo.

Los resultados del análisis parcial de costos se pueden observar en la tabla 6. Se encontró que la restricción tiene un mejor comportamiento en cuanto a los costos de producción en la cría de tilapia. El tratamiento testigo muestra una menor relación beneficio/costo como consecuencia de un incremento en los valores de alimentación ya que, al no existir restricción alimenticia, los peces de este tratamiento tuvieron acceso a mayor cantidad de alimento en el estanque.

**Tabla 6.**

*Costos (relación beneficio/costos)*

Descripción	T0(\$)	T1(\$)	T2(\$)	T3(\$)
Total costos variables	413.236	370.567	310.384	342.188
Total costos fijos	8.895	8.895	8.895	8.895

<b>Costo total</b>	<b>422.131</b>	<b>379.462</b>	<b>319.279</b>	<b>351.083</b>
<b><i>Ingresos</i></b>				
Kilos producidos	79,76	78,99	75,29	72,07
Precio venta/kilo de pez	7.000	7.000	7.000	7.000
Ingreso bruto	<b>558.320</b>	<b>552.930</b>	<b>527.030</b>	<b>504.490</b>
Ingreso neto	<b>136.189</b>	<b>173.468</b>	<b>207.751</b>	<b>153.407</b>
Rentabilidad (%)	<b>32,26</b>	<b>45,71</b>	<b>65,07</b>	<b>43,7</b>
Relación Beneficio / Costo	1,32	1,46	1,65	1,44

Se observa una mayor relación beneficio/costo en el tratamiento T2, seguido por el T1 y T3. Se puede apreciar que los menores costos totales se presentan en el tratamiento T2 (restricción 2 días), lo que garantiza un aumento apreciable en la relación beneficio/costo. De toda manera, se observa que la producción de tilapia mediante la alimentación tradicional puede ser mejorada con el manejo alimenticio.

## 5. CONCLUSIONES

La restricción alimenticia dos días a la semana (T2) tuvo los mejores resultados, ya que permitió una mejor conversión alimenticia, mayor ganancia de peso, mejores tasas de crecimiento y la mejor relación beneficio/costo.

El tratamiento T1, con restricción un día a la semana, mostró parámetros zootécnicos similares al tratamiento testigo, lo que demuestra que se puede considerar como alternativa en los sistemas de producción de tilapia; además la relación beneficio costo muestra que reduce el concepto de costos por la reducción en la alimentación de los peces.

El tratamiento T3 demostró que la restricción de tres días a la semana afecta los parámetros zootécnicos, por lo que no puede ser recomendado para su evaluación en condiciones comerciales. A pesar de observarse la mejor relación beneficio/costo, la eficiencia en el uso de los recursos es menor y puede afectar de manera significativa el sistema productivo.

## **6. RECOMENDACIONES**

Difundir y promover la tecnología de restricción alimenticia durante dos días a la semana (T2), en los cultivos extensivos de tilapia, durante las fases de alevines y levante, como una estrategia para mejorar la rentabilidad.

Se debe indagar la restricción alimenticia utilizando la tecnología BFT (Fundamentos de la tecnología biofloc), la cual debe ser muy interesante para el desarrollo de la acuicultura.

Se debe evaluar el efecto de la restricción alimenticia sobre el bienestar animal en los peces, e incluirlo dentro del análisis de costos económicos y la productividad.

## BIBLIOGRAFÍA

- Al-souti, A.; Al-sabahi, J.; Soussi, B., Goddard, S. The effects of fish oil-enriched diets on growth, feed conversion and fatty acid content of red hybrid tilapia, *oreochromis* sp. food chemistry. 2012. vol. 133, n° 3: 723-727.
- Alvarado, G. Cría de tilapia rojo y tilapia nilótica. Editorial Limusas, 2011. p. 340.
- Antwi, D., Kuwornu, J., Onumab, E., Bhuel, R. Productivity and constraints analysis of commercial tilapia farm in Ghana. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 2017, 38: 282-290.
- Arauco, G. & Costa, P. Restricción alimenticia en alevines de tilapia nilótica y su efecto en los parámetros productivos. *Aquatic*. 2012, 23: 123-134.
- Barragán-Zambrano, D. Evaluación de la restricción alimenticia en la producción de tilapia del nilo. Universidad de Zamorano, 2006, Ecuador, Quito, p. 36.
- Bermúdez, A., Muñoz, A, Wills, G. Evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*oreochromis niloticus*) cultivada en estanques de tierra. *revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia*. 2012. vol. 59, n° 3: 165-175.
- Botello, A., Teresa, V., Cisneros, M., Valdivie, M., Ariza et al. La harina de caña proteica como alimento local en la producción de tilapia roja. *Redvet*. 2011. 12(6)
- Delgado-Vidal, F., Gallardo-Colli, A., Cuevas-Pérez, L., García-Ulloa, M. Crecimiento compensatorio de tilapia posterior a su alimentación con harina de plátano. *Avances en investigación agropecuaria*. 2009, 13(2): 55-70.

- Deyab, E. & Hussein, E. effects of different feeding rates on growth performance and body composition of red tilapia, *oreochromis mossambiquise* x *o. niloticus*, fingerlings. international journal of aquaculture. 2015. vol. 5: 59-79.
- Espejo-Gonzales, C., Torres-Quebedo, E. Cultivo de la tilapia roja y platead. Capitulo XIII, 2008, p. 1-17.
- Fraga, I., Flores, E.; Reyes, R, Llanes. Efecto de diferentes densidades de siembra en el engorde de tilapia roja (*oreochromis mossambicus* x *o. aureus*) en jaulas colocadas en la bahía de casilda, cuba. rev. invest. mar. 2012. vol. 3, n° 1:16-23.
- Flórez-Martínez, R. & Ordoñez-España, R. Morfología de los peces. Editorial Gawlap, Espasa, Mexico. 2014. p. 398.
- Gonçalves, L. & Cyrino, E. digestibility of energy, lipids and fatty acids of vegetable oils and poultry fat by pacu *piaractus mesopotamicus*. aquaculture nutrition. 2014. vol. 20, n° 6: 567-573.
- Guerrero-Quetamá, H., Montenegro-Ortiz, Y. selección masal a favor de las características fenotípicas peso y longitud en la tilapia roja (*oreochromis sp*; trewavas 1983). trabajo de pregrado ingeniería en producción acuícola. san juan de pasto: universidad de nariño. facultad de ciencias pecuarias, 2012, 110 p.
- Gutiérrez-Espinosa, M., Yossa-Perdomo, M., Vásquez-Torres, W. digestibilidad aparente de materia seca, proteína y energía de harina de vísceras de pollo, quinua y harina de pescado en tilapia nilótica, *oreochromis niloticus*. revista orinoquia. 2011. vol. 15, n° 2:169-179.

- Gutiérrez, F., Quispe, M., Valenzuela, L. efecto ahorrativo de la proteína usando niveles altos de energía y obtención de la relación óptima energía digestible/proteína digestible en dietas para el crecimiento de *oreochromis niloticus* (l). revista peruana de biología. 2013. vol. 23, n° 3: 227-232.
- Huang, C., Kuo, J.; Wu, S., Tsai, H. (2015). isolation and characterization of fish scale collagen from tilapia (*oreochromis* sp.) by a novel extrusion-hydro-extraction process. food chemistry. 2015. vol. 3, n° 4.
- Hur, J., & Lee, J. body composition and compensatory growth in nile tilapia *oreochromis niloticus* under different feeding intervals. chinese journal of oceanology and limnology. 2015. vol. 3: 1-12.
- Ibarz, A., Blasco, J. Fernández, J. bases metabólicas de la nutrición. requerimientos energéticos: proteínas, glúcidos, vitaminas y minerales. piscicultura marina en latinoamérica. bases científicas y técnicas para su desarrollo(ebook), 2013. 129 p.
- Ideam (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Centro de documentación: variables topográficas. 2016.
- Izquierdo-Rosero, C. & Salazar-Ramos, D. coeficiente de digestibilidad del hidrolizado de vísceras de cachama blanca, utilizado como fuente de proteína en la alimentación de alevinos de cachama blanca (*piaractus brachypomus*, cuvier 1818) mediante el método de óxido crómico  $Cr_2O_3$  y acuarios metabólicos. trabajo de grado ingeniería en producción acuícola. san juan de pasto, colombia: universidad de nariño. facultad de ciencias pecuarias, 2012.p. 105.
- Jobling, T. & Johansenn, P. Animal nutrition: fish. Aquaculture, 1999, 52: 1234-1242.

- Koh, C., Zahrah, A. & Tang, W. effects of a dietary organic acids blend and oxytetracycline on the growth, nutrient utilization and total cultivable gut microbiota of the red hybrid tilapia, *oreochromis sp.*, and resistance to streptococcus agalactiae. *aquaculture research*. 2014.
- Llanes, J., Toledo, J., Savón, L., Gutierrez, O. utilización de silos pesqueros en la formulación de dietas semi-húmedas para tilapias rojas (*oreochromis niloticus* x *o. mossambicus*). *revista cubana de ciencia agrícola*. 2012. vol. 46, n° 1: 67.
- López-Macías, J. nutrición y alimentación piscícola. 1 ed. san juan de pasto, colombia: centro editorial universidad de nariño (cepun), 2014. 425 p.
- López, P. & Azoátigui, d. engorde de la cachama (*colossoma macropomum*, cuvier, 1816) cultivada en un sistema de recirculación de agua. *zootecnia tropical*. 2013. vol. 31, n° 4: 271-278.
- Lorenzo-Manzanares, J. efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra tilapia (*oreochromis sp*). trabajo de pregrado. Oaxaca, méxico: universidad del papaloapan. facultad de agronomía, 2011. 93 p.
- Malpica-Ramírez, T., Ramírez-Merlano, U., Torres-Tabares., L. evaluación de la restricción alimenticia sobre el crecimiento compensatorio en alevinos de cachama blanca (*piaractus brachypomus*). *revista ciencia animal*. 2014. vol. 7: 59-74.
- Mayara Da Costa, A. & Randow De Freitas, R. Análise das práticas de biossegurança no cultivo de tilápias (*oreochromis niloticus*) em região estuarina no sudeste do brasil. *revista de gestão costeira integrada*. 2012. vol. 12, n°4: 559-568.

- Morillo, M., Visbal, T., Altuve, D., Ovalles., Medina, A. Valoración de dietas para alevines de colossoma macropomum utilizando como fuentes proteicas harinas: de lombriz (eiseniafoetida), soya (glycinemax) y caraotas (phaseolusvulgaris). revista chilena de nutrición. 2013. vol. 4, n° 2: 147-154.
- Nebo, C., Portella, M., Carani, F., Alves de Almeida, F., Padovani, C., Carvahlo, R., Dal-Pai-Siva, M. Short periods of fasting followed by refeeding change the expression of muscle growth related genes in juvenile Nile tilapia. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B. 2013. 164: 268-274.
- Nieto-Suarez, J. efecto de la restricción alimenticia sobre el desempeño productivo y fisiológico del yamú *brycon amazonicu*. tesis de pregrado. bogotá d.c. universidad nacional de colombia. facultad de zootecia.2012. p. 98.
- Noriega-Salazar, A., Rivas, D., Malavé, A., Ramos, A., Amafei Aron, N., Ramos-Villaroel, A. (2014). Influence of vitamin c and e enriched feeding on growth and chemical composition of red tilapia (*oreochromis spp.*). *annals of the university dunarea de jos of galati fascicle vi--food technology*. 2014. vol. 38, n° 1.
- Oliverira, F., Argentin, D., Novelli, P., Agostihno, S. Automatic feeders for Nile tilapia raised in cages: productive performance at high feeding frecuencies and different rates. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 2016. 68(3): 702-708.
- Paredes, F. Montenegro, J. evaluación de un promotor de crecimiento natural en el cultivo intensivo de trucha arcoíris (*oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la estación experimental intiyaco, lago guamuez, nariño, colombia. trabajo de grado ingeniería en

- producción acuícola. san juan de pasto, colombia: universidad de nariño. facultad de ciencias pecuarias, 2010.p. 85.
- Perdomo, D., Castellanos, K., Gonzáles, M., Perea, F. efecto de la estrategia alimenticia en el desempeño productivo de la trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*). revista científica. 2013. vol. 23, n° 4: 341-349.
- Pezzato, L., Barros, M., Pezzato, A., Miranda, E., Quintero, P., Furuya, W. relación energía: proteína en la nutrición de alevinos de piacu (*leporinusmacrocephalus*). revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia. 2014. vol. 47, n° 2: 2-6.
- Riaño-Jiménez, C. Efecto de la restricción alimenticia y la realimentación sobre variables hematológicas, bioquímicas y de composición muscular de la cachama blanca *piaractus brachypomus* durante la fase final de engorde. trabajo de grado maestría. bogotá d.c. universidad nacional de colombia. facultad de zootecnia. 2012. p. 105.
- Rodríguez, D., Avedaño, A., Ojeda, M., Gonzales, H., Avendaño, E., Rangel, J. Producción de harina de spirulina máxima para ser empleada como ingrediente en la elaboración de dietas para peces. zootecnia tropical. 2014. vol. 31, n° 3.
- Rodríguez, L. & Landines, M. laboratory evaluation of food restriction on the productive and physiological performance of cachama blanca juveniles *piaractus brachypomus*. revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia. 2011. vol. 58, n° 3: 141-155.
- Sarker, P., Gamble, M., Kelson, S., Kapuscinski, A. Nile tilapia (*oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from freshwater spirulina sp. feed ingredients. aquaculture nutrition. 2015. :10-12.

- Sousa, R., Kleper, T., Shard, T., Michael, T. Nile tilapia laboratory evaluation of food restriction on the productive and physiological performance. 2003, aquaculture nutrition. 1:17-23.
- Valbuena, R., Zapata, B., Rosado, R. Characterization of the protein, lipid, energy and fatty acid profile composition in red tilapia (*Oreochromis spp.*) eggs. revista de medicina veterinaria. 2013. vol. 25: 39-47.
- Valle-Torres, D., Umanzor-Gálvez, K. Evaluación del engorde de tilapia roja y tilapia híbrida en jaulas flotantes bajo dos ambientes en Zamorano. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras 2014, p. 38.
- Vidal, L., Xavier, T., Michelato, M., Martins, E., Pezzato, L., Furuya, W. Apparent protein and energy digestibility and amino acid availability of corn and co-products in extruded diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. journal of the world aquaculture society. 2015. vol. 46, n° 2: 183-190.
- Yang, G., & Jeon-Yeol, J. Compensatory responses of Nile tilapia under different feed deprivation regimes. Fish and Aquatic Science. 2012. 15(4): 305-311.
- Zambrano, J. & Landines, M. Oxidized lipids intake: effect on antioxidative enzymatic activity in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). revista mvz Córdoba. 2011. vol. 16, n° 3: 2765-2777.
- Zamudio, R. Cria de peces en estanque. Editorial Ucatolica, 2014, Perú, Lima, p. 240.
- Zaquia, A., Badawy, M., Moubarak, S. Environment impact food deprivation on tilapia *niloticus* performance. Journal Egyptian Vet. Med. Soc. 2007. 67 (1)

# ANEXOS

### Anexo a. Análisis estadístico para la variable ganancia de peso diario.

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable: GP

Trat	Mean	Std. Deviation	N
T0	2,252175	,0129485	4
T1	2,253975	,0348512	4
T2	2,268275	,0377987	4
T3	2,206500	,0141518	4
Total	2,248206	,0353921	16

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: GP

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,010 <sup>a</sup>	3	,003	4,319	,028
Intercept	80,871	1	80,871	107423,687	,000
Trat	,010	3	,003	4,319	,028
Error	,009	12	,001		
Total	80,890	16			
Corrected Total	,019	15			

a. R Squared = ,519 (Adjusted R Squared = ,399)

#### GP

Tukey B

Trat	N	Subset	
		1b	2a
T3	4	2,206500	
T0	4	2,252175	
T1	4	2,253975	2,253975
T2	4		2,268275

## Anexo b. Análisis estadístico para la variable tasa de crecimiento específico.

### Descriptive Statistics

Dependent Variable: TCE

Trat	Mean	Std. Deviation	N
T0	2,069100	,0031209	4
T1	2,069525	,0074352	4
T2	2,073200	,0098184	4
T3	2,057600	,0040423	4
Total	2,067356	,0084916	16

### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TCE

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,001 <sup>a</sup>	3	,000	4,113	,032
Intercept	68,383	1	68,383	1538758,508	,000
Trat	,001	3	,000	4,113	,032
Error	,001	12	4,444E-05		
Total	68,384	16			
Corrected Total	,001	15			

### TCE

Tukey B

Trat	N	Subset		3a
		1c	2b	
T3	4	2,057600		
T0	4		2,069100	
T1	4		2,069525	
T2	4			2,073200

### Anexo c. Análisis de varianza para la variable conversión alimenticia.

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable: CA

Trat	Mean	Std. Deviation	N
T0	2,080779	0,1912347	4
T1	1,684317	0,239796	4
T2	1,3801	0,1753453	4
T3	1,648991	0,210782	4
Total	1,698547	0,3171136	16

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,001 <sup>a</sup>	3	0,334	7,883	0,004
Intercept	46,161	1	46,161	1090,968	0
Trat	1,001	3	0,334	7,883	0,004
Error	0,508	12	0,042		
Total	47,669	16			
Corrected Total	1,508	15			

CA

Tukey B

Trat	N	Subset		
		1c	2b	3a
T2	4	1,3801		
T3	4		1,648991	
T1	4		1,684317	
T0	4			2,080779

### Anexo d. Análisis de varianza para la variable incremento de talla.

#### Descriptive Statistics

Dependent Variable: IT

Trat	Mean	Std. Deviation	N
T0	24,710000	1,1877710	4
T1	24,805000	,4778773	4
T2	22,755000	,5991939	4
T3	24,260000	1,2375244	4
Total	24,132500	1,1940715	16

#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: IT

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10,798 <sup>a</sup>	3	3,599	4,079	,033
Intercept	9318,041	1	9318,041	10559,684	,000
Trat	10,798	3	3,599	4,079	,033
Error	10,589	12	,882		
Total	9339,428	16			
Corrected Total	21,387	15			

#### II

Tukey B

Trat	N	Subset	
		1	2
T2	4	22,755000	
T3	4	24,260000	24,260000
T0	4		24,710000
T1	4		24,805000

### Anexo e. Análisis estadístico para la variable tasa de sobrevivencia.

#### ➤ Comparación entre todos los tratamientos.

Bloques					
Respuesta	T0	T1	T2	T3	Total
Éxito	192	190	180	177	739
Fracaso	8	10	20	23	61
Total	200	200	200	200	800
Pi	0,960	0,950	0,900	0,885	0,924
Pi*ai	184,32	180,5	162	156,645	682,65125

$$T=4 \quad T-1=3 \quad \alpha = 0,05 \quad 1-\alpha = 0,95 \quad p = 0,924 \quad q = 0,076$$

$$\chi^2_c = \frac{\left| \sum a_i \cdot p_i \right| - \left[ p \cdot \sum a_i \right]}{pq}$$

$X^2_c = 2,91$  Decisión = Existen diferencias significativas.  
 $X^2_{t(1-\alpha)} = 9,49$

#### ➤ Comparación del tratamiento T0 (testigo) versus los otros tratamientos (T1 a T3).

Bloques			
Respuesta	T0	T1 a T3	Total
Éxito	192	547	739
Fracaso	8	53	61
Total	200	600	800
Pi	0,960	0,912	0,924
Pi*ai	184,32	498,68	682,65

$$T=2 \quad T-1=1 \quad \alpha = 0,05 \quad 1-\alpha = 0,95 \quad p = 0,924 \quad q = 0,076$$

$X^2_c = 4,97$  Decisión = Existen diferencias significativas.  
 $X^2_{t(1-\alpha)} = 3,84$

➤ **Comparación del tratamiento T1 versus los tratamientos T2 y T3.**

<b>Bloques</b>			
<b>Respuesta</b>	<b>T1</b>	<b>T2-T3</b>	<b>Total</b>
<b>Éxito</b>	190	357	547
<b>Fracaso</b>	10	43	53
<b>Total</b>	200	400	600
<b>Pi</b>	0,950	0,893	0,912
<b>Pi*ai</b>	180,5	318,6225	498,681667

$$T=2 \quad T-1=1 \quad \alpha = 0.05 \quad 1 - \alpha = 0.95 \quad p = 0,912 \quad q = 0.088$$

$X^2_c = 5.47$  Decisión = Existen diferencias significativas.

$$X^2_{t(1-\alpha)} = 3.84$$

➤ **Comparación del tratamiento T2 versus T3.**

<b>Bloques</b>			
<b>Respuesta</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>Total</b>
<b>Éxito</b>	180	177	357
<b>Fracaso</b>	20	23	43
<b>Total</b>	200	200	400
<b>Pi</b>	0,9	0,885	0,893
<b>Pi*ai</b>	162	156,65	318,62

$$T=2 \quad T-1=1 \quad \alpha = 0.05 \quad 1 - \alpha = 0.95 \quad p = 0,893 \quad q = 0.107$$

$X^2_c = 0.235$  Decisión = No existen diferencias significativas.

$$X^2_{t(1-\alpha)} = 3.84$$