



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA
AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO

TEMA

EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE
NUCLEOTIDO DE ATÚN (*Thunnus spp*) EN LA DIETA
ALIMENTICIA DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN LA
ETAPA DE ALEVINAJE Y LEVANTE.

AUTORES

ANDRADE CEVALLOS, LUIS RENATO
BALCAZAR APOLO, DAVID FERNANDO

DIRECTOR: DR. IVÁN NARANJO SANTAMARÍA, M.Sc.

SANTO DOMINGO

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE NUCLEOTIDO DE ATÚN (*Thunnus spp.*) EN LA DIETA ALIMENTICIA DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN LA ETAPA DE ALEVINAJE Y LEVANTE ” realizado por los señores ANDRADE CEVALLOS LUIS RENATO y BALCAZAR APOLO DAVID FERNANDO, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar los señores ANDRADE CEVALLOS LUIS RENATO y BALCAZAR APOLO DAVID para que lo sustenten públicamente.

Santo Domingo, 22 de noviembre del 2017



IVAN JACINTO NARANJO SANTAMARIA, MSc.
DIRECTOR DE TESIS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA
AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, ANDRADE CEVALLOS LUIS RENATO con cédula de identidad N° 1725596926 y BALCAZAR APOLO DAVID FERNANDO, con cédula de identidad N° 2200056014, declaro que este trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE NUCLEOTIDO DE ATÚN (*Thunnus spp.*) EN LA DIETA ALIMENTICIA DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN LA ETAPA DE ALEVINAJE Y LEVANTE”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas. Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Santo Domingo, 22 de noviembre del 2017

ANDRADE CEVALLOS LUIS RENATO
CI 2200056014

BALCAZAR APOLO DAVID FERNANDO
CI 1725596926



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA
AGRICULTURA**
CARRERA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, ANDRADE CEVALLOS LUIS RENATO y BALCAZAR APOLO DAVID FERNANDO, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE INCLUSIÓN DE NUCLEOTIDO DE ATÚN (*Thunnus spp.*) EN LA DIETA ALIMENTICIA DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN LA ETAPA DE ALEVINAJE Y LEVANTE”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Santo Domingo, 22 de noviembre del 2017

ANDRADE CEVALLOS LUIS RENATO
CI 2200056014

BALCAZAR APOLO DAVID FERNANDO
CI 1725596926

AGRADECIMIENTO

A Dios por perpetuar el don de la sabiduría durante la formación profesional, siendo este el resultado conjunto del proyecto de graduación con nuestro director de tesis el Doctor Veterinario Iván Jacinto Naranjo Santamaría Msc. que en el transcurso de este trayecto se han puesto a prueba las capacidades y conocimientos adquirido en la Universidad de las Fuerzas armadas ESPE.

A nuestros familiares, docentes, compañeros y amigos que son el motor de la formación profesional que de una u otra forma aportaron para alcanzar dicho logro, y estar libres para servir a la sociedad.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas, por su gran ejemplo de superación e inigualable sostén en todo momento de formación profesional.

A mis familiares por su infinito amor y apoyo en todo momento requerido que han hecho posible la culminación de mis estudios de forma directa e indirectamente, siendo ejemplo para las generaciones futuras dentro de nuestra familia.

A mis amigos y amigas que de una u otra forma son parte del aprendizaje permitiendo ser mejor ser humano y por ende un buen profesional.

A mis compañeros y docentes que ni ellos no se tendría la fuerza y valor para sobresalir en cada obstáculo de nuestra formación.

David Fernando Balcazar Apolo

A Dios Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por haber sido el pilar fundamental que me ha permitido llegar aquí, que han contribuido en mi educación, tanto académica, como de la vida y por su incondicional.

Luis Renato Andrade Cevallos

ÍNDICE DE CONTENIDO

CARÁTULA	
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
PANTLEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos	2
1.4. Hipótesis	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	
2.1. Introducción	4
2.2. Generalidades	5

2.2.1. Origen y distribución	5
2.2.2. Antecedentes.....	5
2.2.3. Importancia del cultivo de cachama negra	6
2.3. Biología de la Especie	7
2.3.1. Morfología	7
2.3.2. Aspectos reproductivos.....	8
2.3.3. Requerimientos climáticos	8
2.3.4. Condiciones del agua.....	8
2.4. Alimentación de la Cachama.....	9
2.4.1. Alimentación de la Cachama en Etapa de Alevinaje:.....	9
2.4.2. Clases de raciones para peces:.....	13
2.5. Hidrolizados de proteína de pescado.....	14
2.6. Descripción del producto en estudio	17
CAPÍTULO III	19
METODOLOGÍA DE ESTUDIO	
3.1. Tipo de Estudio	19
3.1.1. Estudios Exploratorios.....	19
3.1.2. Estudios Descriptivos	20
3.2. Ubicación.....	20
3.2.1. Ubicación Política.....	20
3.2.2. Ubicación Geográfica	20
3.2.3. Ubicación Ecológica.....	20
3.3. Materiales	21
3.3.1. Material Biológico	21
3.3.2. Material experimental.....	21
3.3.3. Materiales de Campo	21

3.3.4. Material de Oficina	22
3.4. Métodos	22
3.4.1. Diseño Experimental	22
3.4.2. Análisis Estadístico.....	24
3.4.3. Variables	26
3.4.4. Manejo del Ensayo	28
CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Peso Vivo	31
4.2. Altura.....	33
4.3. Longitud	35
4.3.1. Longitud Estándar.....	35
4.3.2. Longitud Total	36
4.4. ADEVA y Tukey para tasa de crecimiento diaria, sobrevivencia, conversión alimenticia y biomasa final.....	38
4.4.1. Tasa de crecimiento diario.....	39
4.4.2. Factor de conversión alimenticio.....	40
4.4.3. Biomasa Final	41
CAPÍTULO V	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones	42
5.2. Recomendaciones	44
5.3. Bibliografía.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones nutricionales de PerfectDigest FPI SD.....	18
Tabla 2. Descripción de los tratamientos	22
Tabla 3. Esquema del análisis de varianza.	25
Tabla 4. Programa y guía de alimentación.	29
Tabla 5. ADEVA de pesos vivo en cada día de evaluación.....	31
Tabla 6. Prueba de Tukey para la variable peso vivo.....	32
Tabla 7. Altura en centímetros en los distintos días de evaluación.....	34
Tabla 8. ADEVA de longitud estándar en cada evaluación.	35
Tabla 9. ADEVA de longitud total en cada evaluación	37
Tabla 10. ADEVA de tasa de crecimiento diaria, sobrevivencia, conversión alimenticia y biomasa final	38
Tabla 11. Medias de factor de conversión alimenticio.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de las unidades experimentales.....	24
Figura 2. Peso vivo a los 60 días de cultivo.	32
Figura 3. Altura a los 60 días de cultivo.	34
Figura 4. Longitud Estándar a los 60 días de cultivo.	36
.Figura 5. Longitud Total a los 60 días de cultivo.....	37
Figura 6. Tasa de crecimiento diaria a los 60 días de cultivo.	39
Figura 7. Factor de conversión alimenticia a los 60 días de cultivo.	40
Figura 8. Biomasa final a los 60 días de cultivo.	41

RESUMEN

La alimentación de la cachama negra (*Colossoma macropomum*), en estadio juvenil, debe contener proteínas de alta calidad y de fácil absorción, dado que su sistema digestivo a esta edad es mucho más simple, por ello se adicionó nucleótido de atún FPI SD (Fish Protein Isolated Spray Dried) en el pienso, con la finalidad de satisfacer las demandas de nutrimentos de esta especie. Esta investigación fue llevada a cabo en Puerto Francisco de Orellana, provincia de Orellana. Se evaluó diferentes niveles de inclusión de este suplemento, dosis de 0, 10, 20, 30 y 40 gramos de nucleótido por kilogramo de alimento, adicional un testigo, para comparar su efecto. El análisis estadístico usado fue la prueba de Tukey al 5%, hallándose al final del estudio diferencias altamente significativas para las variables peso vivo, altura, longitud estándar y longitud total, tasa de crecimiento diario, factor de conversión alimenticio y biomasa final. En cuanto a la sobrevivencia estadísticamente los diferentes tratamientos no fueron distintos. En esta investigación se halló que la inclusión del nucleótido de atún FPI SD hasta en un 4% en la dieta influyó de manera positiva, logrando incrementar la ganancia de peso, y el desarrollo de los peces alimentados con este suplemento.

PALABRAS CLAVE:

- **PROTEÍNAS**
- **SUPLEMENTO**
- **PIENSO**

ABSTRACT

Tambaqui (*Colossoma macropomum*) feeding, in juvenile stage, must contain high quality proteins and easily absorbed, since its digestive system at this age is much simpler, therefore tuna nucleotide FPI SD was added in the feed, with the purpose of satisfying the demands of nutrients of this species. This investigation was carried out in Puerto Francisco de Orellana, province of Orellana. Different levels of inclusion of this supplement were evaluated, doses of 0, 10, 20, 30 and 40 grams of nucleotide per kilogram of food, additional a control, to compare its effect. The statistical analysis used was the Tukey test at 5%, with highly significant differences being found at the end of the study for the variables live weight, height, standard and total length, daily growth rate, feed conversion factor and final biomass. There were no statistical differences for the survival variable. This research shows that the inclusion of the nucleotide FPI SD up to 4% in the diet influenced positively, achieving an increase in weight gain, and the development of fish fed with this supplement.

KEYWORDS:

- **PROTEINS**
- **SUPPLEMENT**
- **FEED**

CAPÍTULO I

PANTLEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Poca tecnología de producción se ha desarrollado para el cultivo de especies nativas como cachama. Además, ha sido insuficiente atención a los análisis económicos, esta información es fundamental para el desarrollo sostenible de sus nuevas especies acuícolas (Kohler, Alcantara, Kohler, & Rios, 1998)

Durante la crianza de cachama es importante que en el periodo larvario y alevinaje se haga énfasis en que el alimento suministrado cumpla con los requisitos mínimos necesarios para asegurar su sobrevivencia y de esta manera lograr un crecimiento óptimo. El sistema digestivo de los peces en esta fase es menos complejo que el de juveniles y adultos, desde su morfología, fisiología e histología (David, Lenis, & Castañeda, 2011), esto influye directamente al momento de iniciar una alimentación exógena volviéndose una etapa crucial que influye directamente en su posterior desarrollo y en el tiempo cosecha.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación responde a los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir, tomando en cuenta el hecho de que la crianza de cachama en piscinas reemplaza la pesca tradicional la cual es un recurso no renovable, cambiando la visión extractivista hacia nuevos enfoques productivos y de consumo con el fin de prevenir contaminación y daño ambiental (SENPLADES, 2009), en este sentido se tiene como premisa fundamental la conservación y el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales.

La importancia de este rubro se puede reflejar en la entrega de un millón de alevines que produce anualmente el Centro de Reproducción de Cachama (CEREC).

Países vecinos como Brasil y Colombia tienen gran demanda de esta especie, por lo que se analizan varias estrategias de comercialización, en conjunto con ProEcuador, para ofertar un producto con valor agregado a estos mercados potenciales (MAG, 2015).

El llevar a cabo el cultivo de peces en estanques con un buen manejo, añade valor a la cosecha de este tan importante recurso, por medio del presente estudio se espera obtener una propuesta que dé una fuente de alimento que eficiente la conversión alimenticia, para que los cultivadores acuícolas tengan ingresos adicionales mediante una producción eficaz, alta sobrevivencia, reduciendo así los costos de producción y obtener una mayor rentabilidad.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar diferentes niveles de inclusión de nucleótido de atún (*Thunnus spp*) en la dieta alimenticia de cachama (*Colossoma macropomum*) en la etapa de alevinaje y levante.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Medir el efecto del nucleótido de atún sobre la ganancia de peso, longitud y altura.
- Calcular el porcentaje de sobrevivencia, el factor de conversión alimenticia.
- Determinar la biomasa final y la tasa de crecimiento diario.

1.4. HIPÓTESIS

- Ho** La inclusión de diferentes niveles de nucleótido de atún (*Thunnus spp*) FPI SD en la dieta alimenticia de cachama (*Colossoma Macropomum*) en la etapa de alevinaje y levante no influye en sus parámetros productivos.
- Ha** La inclusión de diferentes niveles de nucleótido de atún (*Thunnus spp*) FPI SD en la dieta alimenticia de cachama (*Colossoma Macropomum*) en la etapa de alevinaje y levante influye en sus parámetros productivos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es el sector productivo alimenticio de más rápida expansión en el mundo, con una producción que casi se ha triplicado de 36 (Sargent & Tacon, 1999) a 93,4 millones de toneladas en hasta el 2014 (FAO, 2016). Esta organización afirma además que dentro de poco tiempo, la acuicultura desplazará la actividad pesquera tradicional como fuente principal de suministro de alimento.

En referencia a la alimentación de especies acuáticas, uno de los factores de mayor relevancia dentro de los alimentos es el aporte nutricional que este ofrece, la alimentación en primeras etapas debe consistir en promover el crecimiento de las especies, familiarizarse al alimento balanceado, para un desarrollo eficaz y homogéneo. Los alimentos, para especies acuáticas, deben ser de composición y fórmula adecuada, poseer digestibilidad de los nutrientes, vehicular el aporte de ingredientes funcionales, tener estabilidad en el agua y también velocidad de sedimentación, entre algunas de sus características.

Existe una necesidad de evaluar el potencial de la acuicultura de especies locales y nativas, y desarrollar tecnologías de cultivo apropiadas. El cultivo de especies nativas como la cachama tiene ventajas comparativas con respecto a otras especies, entre ellas una mayor adaptación a las condiciones climáticas y de calidad de agua. Es necesario que por medio de investigaciones, se ponga en consideración mejores metodologías y técnicas de crianza de especies, como alternativa para reemplazar las actividades de reducción de recursos no renovables, como la pesca, y realzar la importancia de realizar el cultivo de especies nativas como la cachama.

2.2. GENERALIDADES

2.2.1. Origen y distribución

La cachama negra (*Colossoma macropomum*) o también conocido como tambaquí es un pez tropical, originario de América del Sur, de las cuencas del Río Amazonas y del Río Orinoco, se encuentra distribuida en países sudamericanos como Venezuela, Colombia, Brasil, Ecuador y Perú. Los principales países exportadores de Cachama son: Brasil, Venezuela, Colombia y Perú (FAO, 2010).

Los juveniles viven en aguas negras de los llanos de inundación hasta su madurez sexual y son utilizados en acuicultura porque pueden vivir en aguas pobres en minerales además de ser muy resistente a las enfermedades. Se lo puede encontrar hasta en una altitud de 0 a 322 msnm. Su alimentación es a base de zooplancton, insectos, caracoles y plantas caídas al agua (Gomes, Roubach, & Araujo, 2002).

2.2.2. Antecedentes

El cultivo de Cachama es una alternativa productiva para más de mil pobladores rurales de las provincias de Sucumbíos, Morona Santiago, Napo, Orellana, Pastaza, y Zamora Chinchipe, este cultivo es el segundo componente del proyecto de Maricultura y Piscicultura para el Fomento Acuícola en el Ecuador (MAGAP, 2016), realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, en conjunto con la Agenda de Transformación Productiva Amazónica (ATPA) con el fin de impulsar el cultivo de especies nativas, para brindar seguridad alimentaria y alternativas de producción a las comunidades de la Región.

El tamaño normal para la siembra de alevines es de 10 gramos en adelante. Para una adecuada nutrición, es importante fertilizar correctamente los estanques, para

que las cachamas encuentren abundante alimento natural. Pero de acuerdo a la demanda del mismo no cubrirá la necesidad alimenticia de los peces para su adecuado desarrollo, por tal motivo es necesario suministrar alimento suplementario como se verá más adelante (Estévez, 2000).

La cachama posee un ciclo de cultivo que en condiciones óptimas alcanza pesos entre 0,8 a 1,3 Kg a los 6 meses, pero es muy probable que al séptimo mes alcancen con facilidad los 1,5 Kg. La cachama es un pez de alimentación Omnívora, principalmente planctófaga en sus primeros estadios de vida, frugívora en sus estadios posteriores y se adapta muy bien al consumo de alimento concentrado comercial (Gomes, Araujo, Chippari, & Roubach, 2006).

2.2.3. Importancia del cultivo de cachama negra

El autor Gomes (2002), manifiesta que las cachamas son peces de mayor éxito en la piscicultura mundial, apoyados en el avance significativo en las técnicas de cultivo intensivo y conjugado con la aparición de un sinnúmero de híbridos comerciales de gran aceptación, no sólo por parte de los piscicultores sino también por los consumidores en los mercados nacionales e internacionales. Estos peces son excelentes para el consumo humano, su carne es de suave textura y gran reducción ósea, crecen con un amplio rango de alimentación natural y artificial. Se encuentra distribuido en las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas, siendo de gran importancia comercial en la amazonia brasileña.

Según lo manifiesta el autor Cabello (1995), al igual que otras especies de pez, la cachama constituye un alimento apetecido por su calidad, sabor, textura y su alto valor nutritivo (18% proteína y 2.5% grasa), sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales, es altamente digerible y presenta un importante contenido en vitaminas y minerales.

Por otra parte, su contenido en ácidos grasos poli insaturados tales como el ácido eicosapentaenoico y el ácido docosahexanoico, son considerados importantes para el hombre debido a que su consumo habitual ha sido asociado a una disminución de los accidentes cardiovasculares. Basado en lo mencionado, se puede concluir que todos estos factores convierten a la cachama en un excelente alimento para el hombre (Cabello, 1995).

2.3. BIOLOGÍA DE LA ESPECIE

2.3.1. Morfología

Pineda et al. (2002), menciona que, la especie de Cachama negra (*Colossoma macropomun*) tiene una morfología bien definida, es de color gris pardo, aunque desde la aleta anal hasta la mandíbula inferior, principalmente en su abdomen resalta un tono anaranjado oscuro, la cual es achatada, esto impide que los dientes sean visibles si mantienen la boca cerrada, sus fosas nasales son prominentes, sus ojos son poco saltones puede girarlos hasta 180° en horizontal y de forma independiente, su cuerpo es bastante corpulento.

La Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) es una especie endémica de la región amazónica; su cultivo presenta buenos índices de crecimiento, aunque resulta ser sensible a condiciones inapropiadas de cultivo (Chaverra, 1996).

Esta especie comparte el nicho ecológico con la Cachama negra o Gamitana, (*Colossoma macropomum*), con la que tiene similitud en su forma, pero se diferencia de la Cachama negra por su mayor altura y por poseer una gran espina en la base de la aleta dorsal, la que es relativamente corta. Alcanza la madurez sexual al tercer año de edad, con un peso que varía entre 2.5 a 3.0 kg. Su hábito alimenticio es omnívoro, con tendencia a frutos y semillas; acepta sin problema el alimento artificial (Chaverra, 1996).

2.3.2. Aspectos reproductivos

La reproducción se da en aguas corrientosas, por lo general en época de lluvias, donde se da el ascenso del nivel del río, momento cuando los cardúmenes comienzan a remontar recorriendo distancias de entre 400 a 1300 km, los huevos fertilizados y larvas son arrastrados por la corriente por aproximadamente 15 días y los alevines nadan en dirección a lagunas marginales, donde pasan las fases de juvenil y pre-adulto (Flores, 2010).

Se ha obtenido buenos resultados con reproducción inducida en cachama negra (*Colossoma macropomum*), con resultados que se están evaluando, presentando condiciones para el manipuleo genético con miras a mejoras en la productividad (Chaverra, 1996).

2.3.3. Requerimientos climáticos

El rango de temperatura en el cual se desarrollan las Cachamas, está entre 25°C y 32 °C, obteniéndose el mayor crecimiento entre 25 °C y 30 °C. Las concentraciones de oxígeno deben mantenerse entre 3 y 6,5 ppm, cantidades que comúnmente son fáciles de encontrar en aguas cálidas. Es primordial tomar en cuenta este parámetro, ya que bajas concentraciones pueden causar pérdidas del apetito y retardar el crecimiento, pudiendo llegar hasta la muerte por asfixia de los peces (Chaverra, 1996).

2.3.4. Condiciones del agua

El pH debe fluctuar entre 6.5 a 9, con un óptimo entre 7.5 y 8. En cuanto a dureza del agua, la Cachama puede adaptarse y crecer bien con valores superiores a los 40 ppm y 150 ppm, creciendo mejor entre 60 y 80 ppm. La cachama es un pez que

puede llegar a pesar entre los 30 kilogramos y a medir una longitud de un metro, de este modo se observa que el cuerpo es bastante bajo con relación al largo del mismo (Benítez & Venegas, 2003).

2.4. ALIMENTACIÓN DE LA CACHAMA

No son exigentes en su dieta, comen alimentos concentrados y alimentos naturales como frutos, hojas, desperdicios domésticos. La conversión alimenticia es de alto rendimiento, pues dos kilogramos de concentrado producen el aumento de un kilogramo de peso en el pez, se puede sembrar un alevín por cada metro cuadrado de estanque. Es una especie muy resistente a las enfermedades (CAP, 1993).

El género *Colossoma* está distribuido en el Ecuador en las cuencas de los ríos San Miguel, Napo y Pastaza; y en las lagunas de Cuyabeno y Pañacocha (CentroLianas, 2013), esta especie generalmente madura sexualmente a los 3 años, la fecundidad hallada es muy alta, un estimado de 3.5 millones de huevos por desove; los peces migran a las aguas blancas para depositar sus ovas y los alevines permanecen allí hasta alcanzar la etapa juvenil (OTCA, 2016).

2.4.1. Alimentación de la Cachama en Etapa de Alevinaje:

La acuicultura se basa en un proceso que involucra el crecimiento y la supervivencia de los organismos acuáticos durante un determinado período de tiempo, siendo un requerimiento indispensable el suministro de alimento para su desarrollo (MAGAP, 2016).

Por ello, es necesario el conocimiento de los requerimientos nutricionales de las especies en cultivo, así como de las fuentes de dichos nutrientes, tanto para el caso

de dietas naturales, como para las de formulación artificial. La fuente de alimento para los peces cultivados en estanques de tierra puede ser de diverso origen:

2.4.1.1. Natural

Es un estanque de tierra, a través de la fertilización, es posible promover el alimento natural. El agua rica en nutrientes favorece la proliferación de fitoplancton que son microalgas, base de la cadena trófica del sistema. De estas células se alimentará el zooplancton que son pequeños invertebrados, que junto con las primeras, constituirán el alimento de las primeras fases de desarrollo de los peces y de otros organismos presentes en el medio (FAO, 2013).

Este ciclo es de particular importancia en la acuicultura extensiva, cuando intentamos producir sin aporte de alimento externo, con baja densidad de peces por área y menores rendimientos (FAO, 2013)

2.4.1.2. Natural más abono más alimento artificial

Es un caso similar al anterior, pero en esta ocasión los microorganismos también actúan sobre el resto del alimento. Según la FAO (2013), los requerimientos nutritivos de los peces han sido bien estudiados, estableciéndose que el porcentaje de proteínas debiera estar comprendido entre un 20% y 45% aproximadamente, dependiendo de los requerimientos de la especie, etapa de desarrollo del pez, sistema de cultivo y época del año.

Por tanto, una ración balanceada tendrá los porcentajes mencionados de proteínas, lípidos, carbohidratos, fibras, vitaminas y minerales. Si no se dispone de una ración específica para peces, se puede suplementar con raciones de composición proteica con valores dentro de los rangos mencionados. En cuanto a la cantidad de alimento, ésta deberá ser ajustada a medida que los peces se desarrollan. En general se estima conveniente, para peces de clima sub-tropical templado, proporcionar el 1,5%

del peso vivo de los mismos su biomasa, durante los meses de frío, pudiendo alcanzar el 4% en los meses cálidos, época de mayor ganancia en peso (FAO, 2003).

Además, la FAO (2013), indica que los peces requieren consumir cierta cantidad de Proteínas, Carbohidratos, Grasas, Vitaminas y Minerales. La deficiencia de uno o más nutrientes esenciales reduce la tasa de crecimiento, los hacen más propensos a enfermedades incluso ocasionarles la muerte. Existe poca información sobre los requerimientos nutricionales de Cachama negra, a pesar de que la alimentación juega un papel muy importante en el desarrollo de esta especie, sobre todo en la calidad de proteína y perfil de aminoácidos que se usan en las dietas.

Complementariamente se incorporan, en premezclas preparadas instantáneamente, los macro, micro minerales y vitaminas es sus formulaciones químicas especiales para su uso en acuicultura, con especial énfasis en su estabilidad y biodisponibilidad, como en el caso especialísimo de la vitamina C (CAP, 1993).

2.4.1.3. Harina de Pescado (HP).

La ampliación del uso de la harina de pescado como complemento dietético para la alimentación de animales, especialmente en el desarrollo de la acuicultura, incrementó la demanda mundial de ésta. Gracias a sus numerosas ventajas en su utilización y su gran fuente proteica, energética entre otras, la harina de pescado posee un amplio mercado siendo China y la Unión Europea los principales destinos de este insumo (Pineda, Restrepo, & Ángel, 2002).

Pineda et al. (2002), afirman que los desembarques de peces pelágicos pequeños para la producción de harina de pescado fueron muy bajos en los primeros cuatro meses del 2007, como lo previsto en el último informe de mercado. Los desembarques alcanzaron 2.7 millones de toneladas, un 20% menos que en el 2006 y

alrededor de 14% menor que el promedio de cinco años. Como resultado de los desembarques limitados, la producción de harina de pescado disminuyó en 21% durante los primeros cuatro meses del 2007.

Cedeño, (2009) indica que la harina de pescado, natural y sostenible, proporciona una fuente concentrada de proteína de alta calidad y una grasa rica en ácidos grasos omega-3, DHA y EPA. La proteína en la harina de pescado tiene una alta proporción de aminoácidos esenciales en una forma altamente digerible, particularmente metionina, cisteína, lisina, treonina y triptófano. Presentes en la forma natural de péptidos, éstos pueden ser usados con alta eficiencia para mejorar el equilibrio en conjunto de los aminoácidos esenciales dietéticos. La harina de pescado es una fuente de energía concentrada. Con un 70 a 80% del producto en forma de proteína y grasa digerible, su contenido de energía es mayor que muchas otras proteínas.

2.4.1.4. Fuentes Alternativas a la Harina de Pescado.

Cedeño (2009), señala que los alimentos comerciales que contienen entre 30 y 50% de proteína cruda (PC), provienen mayormente de productos de origen animal marino tales como harina de pescado, camarón y calamar. Desde hace tiempo se ha planteado la necesidad de buscar nuevas fuentes proteicas a través de la evaluación experimental de materiales de origen vegetal y animal para obtener información acerca de su contenido y digestibilidad de nutrientes esenciales, con el propósito de incorporarlos en la alimentación de las distintas especies acuícolas en cultivo.

2.4.1.5. Raciones para la alimentación de la cachama.

En el caso de aporte externo de alimento, es decir, para establecer las raciones se debe tomar en cuenta la buena calidad y suministrado sólo en cantidad necesaria. Es conveniente llevar a cabo esta tarea durante las primeras horas de la mañana o

últimas de la tarde, así como proporcionar el alimento en el mismo lugar y en la parte menos profunda del estanque con el fin de observar si la cantidad de alimento es el adecuado y evitar excesos (Benítez & Venegas, 2003).

2.4.2. Clases de raciones para peces:

2.4.2.1. Pellets

El proceso de pelletización consiste en tomar materias primas finamente divididas, que a través del calor, humedad y presión mecánica se transforman en partículas más grandes y de naturaleza estable (Muñoz, 2004).

2.4.2.2. Extrusado

En este caso las materias primas ingresan al extrusor donde son sometidas a un intenso proceso de fricción mecánica del que resulta una elevación de la presión y temperatura. La ración adquiere mayor digestibilidad y flotabilidad. Es recomendable realizar muestreos periódicos de los peces para ajustar la cantidad de ración a proporcionar, preferentemente cada 15 días. Es necesario llevar una planilla de registro donde quede constancia del peso y la longitud individual de los ejemplares, así como de sus condiciones sanitarias generales como: coloración, estado de las aletas, presencia de parásitos, lesiones en la piel, etc (Muñoz, 2004).

La productividad del medio será de gran utilidad ya que el alimento disponible actuará en forma directa con el crecimiento en peso de los peces sembrado (CAP, 1993).

2.4.2.3. Natural más abono.

Cuando se llena el estanque con agua, normalmente se realiza un primer abonado. Como consecuencia de ello aparece una población de microorganismos que rápidamente se encargan de descomponer la materia orgánica. Las sustancias minerales producidas por este efecto son almacenadas en el fondo, siendo liberadas poco a poco en forma de nutrientes que son captados por los productores primarios (plantas acuáticas y fitoplancton) para su proliferación.

El mejor método para saber cuánto alimento se debe suministrar diariamente es mediante el muestreo de una parte de la población, que posteriormente será reintegrada al estanque. El mismo consiste en capturar un número de ejemplares que sean representativos del cultivo (entre el 10% y el 15%). Con la información obtenida, se calcula el peso medio individual que, multiplicado por el número total de animales del estanque se obtiene el valor de biomasa. Esto nos permite ajustar la ración diaria a suministrar según el porcentaje que corresponda (Spinetti, Foti, Ares, & Viera, 2010).

Se recomienda que el alimento suministrado en esta etapa posea un porcentaje elevado de proteína bruta entre 28-56%, conjuntamente con fibras, vitaminas y minerales, cuya granulometría sea adecuada para el tamaño de la boca del pez. En la etapa de alevín se suministra hasta tres veces al día, y de juvenil-adulto la ingesta será una vez al día, durante seis días a la semana. Aún en los casos de emprender un cultivo extensivo, si se desea acelerar y mejorar el crecimiento de los animales, se puede complementar la alimentación natural con alimento artificial (CAP, 1993).

2.5. HIDROLIZADOS DE PROTEÍNA DE PESCADO

Anualmente, se captura una gran cantidad de peces marinos para su uso como materia prima en las industrias de alimentos marinos, dejando una gran cantidad de subproducto de pescado, incluyendo muchos peces pequeños que no cumplen los

criterios de calidad y no pueden ser utilizados en procesos industriales. El comercio de pescado actualmente subutiliza los materiales de subproductos ricos en proteínas, incluyendo la cabeza, piel, guarniciones, aletas, marcos, vísceras y huevas que son descartados sin intentos de recuperación y que representan más del 60% de la biomasa (Chalamaiah, Kumar, Hemalatha, & Jyothirmayi, 2012).

Estos tipos de desechos de pescado suelen ser descartados de la pesca y la acuicultura o vendidos como productos de bajo valor. Estos peces de bajo valor contienen valiosas proteínas y aminoácidos esenciales. Los hidrolizados de proteínas de pescado (FPH) son productos de la reacción de hidrólisis en enlaces peptídicos en proteínas y resultan en péptidos más cortos o aminoácidos y nucleótidos que son fáciles de absorber por el animal (Wisuthiphaet & Kongruang, 2015).

Según Baldisserotto (2013), la inclusión de dietas proteicas hidrolizadas para larvas de peces puede ser beneficiosa hasta cierto porcentaje, ya que son más fácilmente absorbidas por los enterocitos, debido a estimular la actividad de peptidasas intracelulares y facilitar así la asimilación de los aminoácidos. Además, la absorción de nutrientes y el rendimiento productivo de los animales pueden verse afectados por la inclusión de altos porcentajes de hidrolizados en la dieta, hecho que fue encontrado por Espea et al. (1999), quienes evaluaron diferentes niveles de hidrolizados de pescado para el salmón del Atlántico (*Salmo salar* L.) encontrando una disminución en el rendimiento productivo de los animales alimentados con altos niveles del ingrediente en estudio.

En la especie *Chirostoma* estor se evaluó el efecto del reemplazo en la dieta por hidrolizados de pescado y aislados de proteína de soya con tres diferentes niveles de sustitución de SPI (15, 30 y 45%), una dieta con una combinación de ambos productos (15% FH y 15% SPI) y una dieta de control (0% FH, 0% SPI), encontrando que bajo las condiciones experimentales, los dos productos pueden ser utilizados por separado o combinados para incluir niveles hasta el 15%, sin afectar el crecimiento y la supervivencia de los peces, al contrario, produciendo efectos positivos en cuando

parámetros productivos, como factor de conversión alimenticia, crecimiento (Ospina, Ríos, & Toledo, 2016).

La incorporación de 30 o 45% de cualquiera de los productos podría causar un efecto adverso en el crecimiento de los juveniles, ya que ambos productos a estas cantidades afectan la dieta y la digestibilidad. Esto sugiere que FH y SPI son fuentes de proteínas viables y niveles de inclusión de hasta 15% en dietas juveniles para esta especie (Ospina, Ríos, & Toledo, 2016).

Se han hecho estudios con polvo de hidrolizado de subproducto de tilapia (TBHP), con el cual se probó dos dietas para evaluar la digestibilidad, las dietas de referencia y de prueba, ambas con óxido crómico al 0,01% añadido como marcador inerte. La dieta de prueba contenía 20% de hidrolizado de subproducto de tilapia y 80% de la dieta de referencia. Para evaluar la inclusión del hidrolizado de proteínas secas de tilapia en dietas para larvas de tilapia, se formularon cinco dietas a base de ingredientes vegetales, siendo una dieta control sin añadir TBHP y cuatro con inclusión de 2, 4, 6 y 8% del ingrediente de ensayo basado en los resultados de la prueba obtenidos por los coeficientes de digestibilidad. Donde describen que conforme se incrementa el porcentaje de TBHP en la dieta los parámetros productivos decrecen, excepto para la biomasa (gramos), que con un porcentaje de 4% de TBHP alcanza su mayor media (Sary & Lewandowski, 2017).

También se reporta la efectividad de la inclusión de péptidos aislados de pescado en la alimentación de juveniles de *O. niloticus*, teniendo como resultado que el reemplazo parcial de alimento balanceado por un 50% de FPI favoreció el crecimiento de juveniles de tilapia (Baltazar & Sotil, 2013), lo cual se podría deber al efecto positivo de los hidrolizados proteicos que favorecen el aumento en la digestibilidad, debido al tratamiento enzimático al cual es sometido, que provee componentes de bajo peso molecular (Ravallec, 2000).

2.6. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO EN ESTUDIO

PerfectDigest FPI SD nucleótido de atún (Aislado de péptido de pescado, secado por pulverización) es un derivado de péptidos, purificado y concentrado producido bajo condiciones altamente controladas. La alta actividad biológica del péptido y sus referencias publicadas mencionan que genera un efecto aditivo, más que el contenido de proteínas o aminoácidos que contiene (BlueWave, 2014).

El producto es secado por pulverización y como resultado de la naturaleza selectiva del proceso de fabricación de filtración por membrana el producto llega a contener niveles óptimos de nutrientes altamente digeribles y bajos niveles de sales, grasas y aminos biogénicas. Esta combinación proporciona soluciones eficaces para fabricantes e integraciones de piensos. Los ensayos han demostrado que el producto es seguro para pellet en condiciones normales (por debajo de 90 °C). Temperaturas por encima de este rango resultarán en una desnaturalización de péptidos, por lo tanto, debe ser probado dentro de cada sistema de producción (BlueWave, 2014).

PerfectDigest FPI SD se ha incorporado con éxito hasta en un 6% de la dieta en porcinos jóvenes y resulta en aumentos significativos en la estimulación del apetito, ganancia diaria promedio y mejoras en la conversión alimenticia, debido a que la baja masa molecular de los péptidos proporciona altos atributos palatables (BlueWave, 2014).

Tabla 1. Especificaciones nutricionales de PerfectDigest FPI SD

Análisis	Valores típicos
Solubilidad en agua	Completo
pH	3,6 - 4,1
Densidad kg/litro	1.05
Agua %	55 – 60
Proteína %	20-24
Grasa %	<15
Materia seca %	<8,0
Sodio%	≤1.5
Ácido orgánico %	≤ 5.0
Aminoácidos	% De Proteína
Alanina	5.95
Arginina	4.88
Ácido aspártico	9.35
Cistina	0.74
Ácido glutámico	14.04
Glicina	7.13
Histidina	4.36
Isoleucina	4.42
Leucina	6.66
Lisina	8.21
Metionina	2.01
Fenilalanina	2.95
Prolina	5.17
Serina	3.65
Treonina	4.16
Triptófano	0.77
Valina	4.98

Fuente: (BlueWave, 2014)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.1. TIPO DE ESTUDIO

Toda investigación puede ser de varios tipos, de tal manera que se pueden clasificar de distintas formas, sin embargo, es común hacerlo en función de su nivel, su diseño y su propósito.

El tipo de estudio que se utilice es muy importante, ya que de este depende la estrategia de investigación, el diseño, los datos que se recolectan, la manera de obtenerlos, el muestreo y otros componentes del proceso de investigación; los cuales son distintos en estudios exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos, trátense de investigaciones cuantitativas, cualitativas o mixtas.

3.1.1. Estudios Exploratorios

“Los estudios exploratorios sirven para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular, investigar problemas de comportamiento humano que consideren cruciales los profesionales de determinada área, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridad para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones o postulados” (Hernandez, Fernández, & Baptista, 1997).

3.1.2. Estudios Descriptivos

“Así como los estudios exploratorios se interesan fundamentalmente en descubrir y prefigurar, los descriptivos se centran en recolectar datos que muestren un evento, una comunidad, un fenómeno, hecho, contexto o situación que ocurre (para los investigadores cuantitativos medir con la mayor precisión posible” (Hernandez, Fernández, & Baptista, 1997). Este tipo de investigación se utilizó en el desarrollo del análisis de los resultados para determinar la factibilidad de la inclusión de los distintos niveles de nucleótido de atún.

3.2. UBICACIÓN

3.2.1. Ubicación Política

Provincia : Orellana.

Cantón : Puerto Francisco de Orellana.

Ubicación : San Luis de Armenia Pre cooperativa Jabalí

3.2.2. Ubicación Geográfica

Latitud : 938937.9

Longitud : 9949435.32

3.2.3. Ubicación Ecológica

Zona de vida : Bosque húmedo Tropical (bhT)

Altitud : 270 msnm

Temperatura media : 27 °C
Precipitación anual : 3499.3 mm/año
Humedad relativa : 94 %
Tipo de suelo : Franco arcillo arenoso

3.3. MATERIALES

3.3.1. Material Biológico

Alevines de Cachama (*Colossoma macropomum*), a una densidad de 50 alevines/m², siendo así 100 por unidad experimental, dando un total de 2000 alevines a usar en la investigación, los peces pasaron por un periodo de siete días de adaptación, seguido por el período de recolección.

3.3.2. Material experimental

El material a probar fue PerfectDigest FPI SD nucleótido de atún (Aislado de péptido de pescado, secado por pulverización) el cual se incluyó en la dieta en diferentes niveles.

3.3.3. Materiales de Campo

Clavos, martillo, piola, flexómetro, balanza digital, malla de 1mm, tiras de madera, flotadores, alambre, balanceados, tubos pvc.

3.3.4. Material de Oficina

Cámara fotográfica, libreta de apuntes, computador, lapiceros.

3.4. MÉTODOS

3.4.1. Diseño Experimental

3.4.1.1. Factores de investigación

Cantidad de nucleótido: 0, 10, 20, 30 y 40 gramos de nucleótido de atún

3.4.1.2. Descripción de los tratamientos a evaluar

Tabla 2. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Código	Descripción (gramos nucleótido/kg de alimento)
0	T0	0
1	T1	10
2	T2	20
3	T3	30
4	T4	40

3.4.1.3. Tipo de diseño

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con el siguiente modelo matemático:

$$X_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

$i=1,2, \dots, t$ Tratamientos

$i=1,2, \dots, r$ Observaciones

3.4.1.4. Observaciones

Se realizó cuatro observaciones por cada tratamiento, dando un total de 20 unidades experimentales.

3.4.1.5. Características de las unidades experimentales

Número de unidades experimentales	: 20
Área de las unidades experimentales	: 2 m ²
Largo	: 2 m
Ancho	: 1 m
Área total del ensayo	: 600 m ²

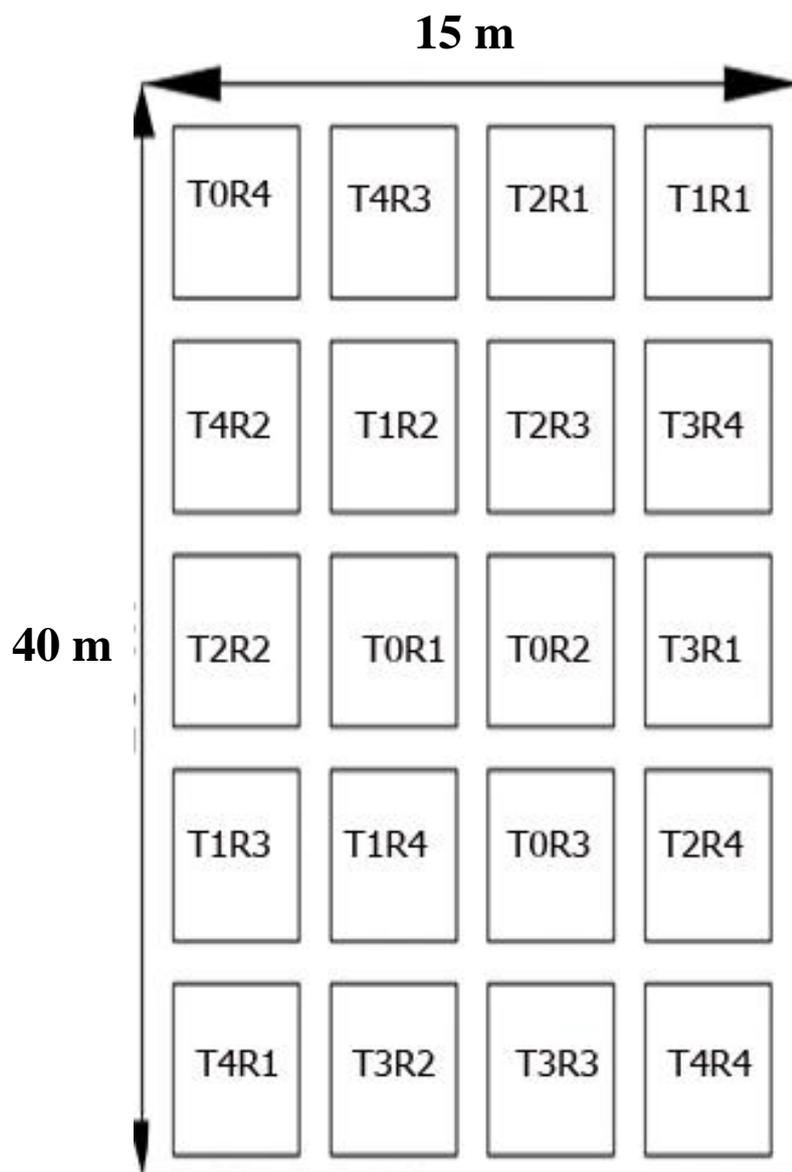


Figura 1. Distribución de las unidades experimentales.

3.4.2. Análisis Estadístico

3.4.2.1. Esquema del análisis de varianza

Se realizó los análisis estadísticos con el programa Infostat. El esquema del análisis de varianza fue el siguiente:

Tabla 3. Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Total	tr - 1	19
Dosis de nucleótido (gramos)	t - 1	4
Error experimental	t(r - 1)	15

3.4.2.2. Coeficiente de Variación

Se calculó mediante la fórmula a continuación

$$CV = \frac{\sqrt{CMe}}{\bar{x}} * 100$$

Donde:

CV = Coeficiente de variación

\sqrt{CMe} = Cuadrado medio del error experimental

\bar{x} = Media general del experimento

3.4.2.3. Análisis funcional

Se realizó la prueba de significancia de Tukey al 5%:

$$Tukey = Q(\alpha, t, GLe) * s_{\bar{d}}$$

Donde:

Q = Se obtiene de la tabla de rangos de Tukey mediante los valores α, t, GLe

- α = Nivel de probabilidad (5% o 1%),
- t = Número de tratamientos
- GLe = Grados de libertad del error experimental.
- $s_{\bar{a}}$ = El error estándar de media de tratamiento

3.4.3. Variables

3.4.3.1. Peso Vivo

Se evaluó el peso cada 15 días, con el fin de establecer diferencias significativas o no en los diferentes tratamientos, siguiendo la metodología usada por Poleo (2011), se realizó un muestreo del 20% del total de peces de cada jaula para ser pesado con una balanza digital. La investigación finalizará una vez que el tratamiento control tenga un peso de 100 gramos, que es hasta donde se considera la fase de levante.

3.4.3.2. Longitud

Otra variable medida fue la longitud de los peces, tanto la longitud estándar que comprende desde la cabeza hasta el final de las escamas, y longitud total que va desde la cabeza hasta el final de la aleta caudal.

3.4.3.3. Tasa de crecimiento diaria

Para este fin se empleó la siguiente fórmula:

$$Cremimiento = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{días de cultivo}}$$

3.4.3.4. Sobrevivencia

Se determinó el porcentaje de peces vivos al final del estudio.

$$\text{Sobrevivencia} = \frac{\text{Número de peces al final}}{\text{Número de peces al inicio}} * 100$$

3.4.3.5. Factor de conversión alimenticia (FCA)

Al final del cultivo se calculó el factor de conversión alimenticio teniendo como datos la cantidad total de alimento consumido y el peso vivo al día 60 de cultivo

$$FCA = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Peso ganado}}$$

3.4.3.6. Biomasa final

La biomasa final representa la cantidad en peso que se produce en un metro cúbico, para su cálculo se empleó la siguiente fórmula:

$$BF = \frac{\text{Peso final}}{\text{Volumen de agua de la jaula}} \text{ kg m}^{-3}$$

3.4.4. Manejo del Ensayo

3.4.4.1. Área del ensayo

La presente investigación se realizó en una piscina de 15 m x 40 m, con jaulas flotantes, independientes para cada unidad experimental.

3.4.4.2. Establecimiento de las jaulas

Se fabricó 20 jaulas flotantes de 2 m de largo, por 1 m de ancho, en las cuales se colocó un total de 1000 alevines de Cachama.

3.4.4.3. Análisis de calidad de agua

Previo al inicio de la investigación se realizó el análisis químico del agua, para obtener información de conductividad, salinidad, amonio total, nitritos, nitratos, alcalinidad, dureza, pH y temperatura, para posteriormente correlacionar estos datos con las tasas de crecimiento.

3.4.4.4. Alimentación

La alimentación se ajustó de acuerdo a las fases de desarrollo de la cachama, se suministró alimento balanceado al cual se le agregó el nucleótido de atún en sus diferentes niveles de acuerdo a cada tratamiento.

La frecuencia de alimentación fue desde las seis hasta tres veces por día, se siguió las recomendaciones de la siguiente tabla, pero para determinar el tipo de

alimento y la cantidad se tomó en cuenta el promedio del peso de los alevines, mas no los días de cultivo.

Tabla 4. Programa y guía de alimentación.

Etapa de Cultivo	Tipo de Alimento	Días de Cultivo	Peso esperado (g)	Alimento diario 1000 tilapias (Kg)	Frecuencia de Alimentación Diaria	Biomasa (%)
Alevín	P450	0	3	0,30	4 a 6	10,0
	P450	20	5	1,13	4 a 6	10,0
Inicial	P380	35	20	1,52	4 a 6	7,5
	P380	50	30	2,25	3	7,5
	P380	65	55	2,75	3	5,0
Crecimiento	P320	80	70	3,50	3	5,0
	P320	95	110	5,50	3	5,0
	P320	110	145	5,80	2	3,5
Desarrollo	P280	125	180	6,30	2	3,5
	P280	140	215	7,20	2	3,5
	P280	155	225	7,53	2	3,5
Engorde	P240	170	315	7,88	2	2,0
	P240	185	360	7,90	2	2,0

Fuente: (BioAlimentar, 2013).

3.4.4.5. Toma de datos

Se realizó en un intervalo de 15 días, en el cuaderno de campo se registró los datos conforme al formato preestablecido, registrando las longitudes.

3.4.4.6. Inclusión del nucleótido de atún en el alimento

La cantidad a suministrada fue medida en gramos de nucleótido por kilogramo de alimento, el nucleótido se disolvió en agua para posteriormente ser mezclado con el alimento en una relación 1:3, por cada gramo de nucleótido se agregó tres mililitros de agua.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PESO VIVO

La variable peso vivo se observa que con una probabilidad de error del 5%, a partir del día 15 de cultivo en adelante existen diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos, valores respaldados por coeficientes de variación menor al 10%, por tanto, a partir del día 15 de cultivo se rechaza la hipótesis nula, es decir, la inclusión de nucleótido de atún en la dieta alimenticia de la cachama influye en la ganancia de peso vivo.

Tabla 5. ADEVA de pesos vivo en cada día de evaluación

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		0	15	30	45	60
Tratamiento	4	0,08 ns	21,88 **	108,46 **	332,21 **	517,84 **
Error	15	0,04	1,8	2,7	4,08	18,88
Total	19	-	-	-	-	-
Coefficiente de variación		2,83	8,75	4,22	2,59	3,43
p-valor	-	0,1389	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*: Altamente significativo

ns: no significativo

Además, mediante la prueba de Tukey se pudo observar diferencias significativas a partir del día 15 de cultivo (Tabla 5), también en los días 30 y 45 de cultivo se dio un comportamiento similar teniendo diferencias significativas entre los tratamientos 0, 1, 2 con respecto al 3 y 4, alcanzando mayores medias en peso y sin diferencias significativas entre ellos los tratamientos 3 y 4, con pesos en el día 30 de 42,87 y 45,13 gramos y en el día 45 pesando 85,33 y 89,53 gramos respectivamente.

Al final del estudio, en el día 60 de cultivo el mejor resultado se dio en el tratamiento 3 y 4, llegando a pesar en promedio 136,05 y 140,05 gramos.

Tabla 6. Prueba de Tukey para la variable peso vivo.

Tratamientos	Evaluación (días)				
	0	15	30	45	60
T0	6,94 a	13,4 a	32,51 a	68,02 a	113,15 a
T1	7,21 a	13,55 a	35,29 ab	71,69 ab	118,37 ab
T2	7,08 a	14,18 ab	38,87 b	75,52 b	126,65 bc
T3	7,07 a	16,89 bc	42,87 c	85,33 c	136,02 cd
T4	6,84 a	18,68 c	45,13 c	89,53 c	140,05 d

T0: Balanceado solo; T1: 10 g/kg; T2: 20 g/kg; T3: 30 g/kg; T4: 40 g/kg.

Letras distintas indican diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para los niveles de inclusión de FPI SD.

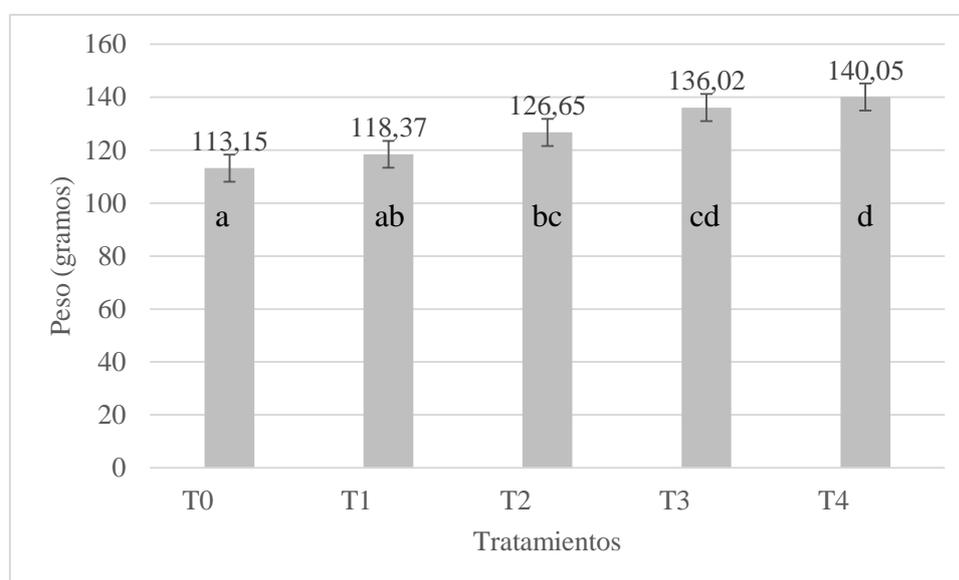


Figura 2. Peso vivo a los 60 días de cultivo.

Se puede observar en esta figura la media de los pesos alcanzados al final del estudio, donde el tratamiento 4, en el cual se incluyó 40 gramos de nucleótido por

kilogramo de alimento balanceado, alcanzó el mayor peso promedio, teniendo una diferencia de 26,9 gramos respecto al tratamiento control, es decir, a la fase de levante llegó a pesar un 24% más, sin embargo estadísticamente no hay diferencias significativas entre el tratamiento 3 y 4, a pesar que el tratamiento 3 pesó 20% más que el tratamiento control, tal como menciona Wisuthiphaet (2015), debido a la forma del péptido hace que sea absorbido de forma más rápido influenciando en este caso a la ganancia de peso, la cual guarda una relación directa con la cantidad de nucleotido en el pienso.

4.2. ALTURA

Para la variable altura se empiezan a observar diferencias significativas en el día 15 de cultivo, el tratamiento 3 y 4 no tienen diferencias significativas, de igual manera el tratamiento 0, 1, 2, 3 no tienen diferencias significativas, pero entre el tratamiento 0, 1, 2 con respecto al tratamiento 4 si presentan diferencias significativas.

Este comportamiento cambia al día 30 de cultivo, donde el tratamiento 0 y 1 no son estadísticamente diferentes entre ellos, pero sí del resto de tratamientos, lo mismo ocurre con el tratamiento 2, 3 y los tratamientos 3 y 4, alcanzando a medir 7,1 y 7,28 cm respectivamente. Para los días 45 y 60 los tratamientos que alcanzaron una mayor altura son el 3 y 4, sin diferencias significativas entre ellos.

Tabla 7. Altura en centímetros en los distintos días de evaluación.

Tratamientos	Evaluación (días)				
	0	15	30	45	60
T0	1,05 a	3,11 a	6,22 a	7,71 a	8,88 a
T1	1,13 a	3,16 a	6,49 a	7,89 ab	9,27 b
T2	1,12 a	3,37 a	6,82 b	8,12 b	9,62 c
T3	1,13 a	3,59 ab	7,1 bc	8,50 c	10,03 d
T4	1,07 a	3,96 b	7,28 c	8,58 c	10,27 d

T0: Balanceado solo; T1: 10 g/kg; T2: 20 g/kg; T3: 30 g/kg; T4: 40 g/kg.

Letras distintas indican diferencias significativas mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para los niveles de inclusión de FPI SD.

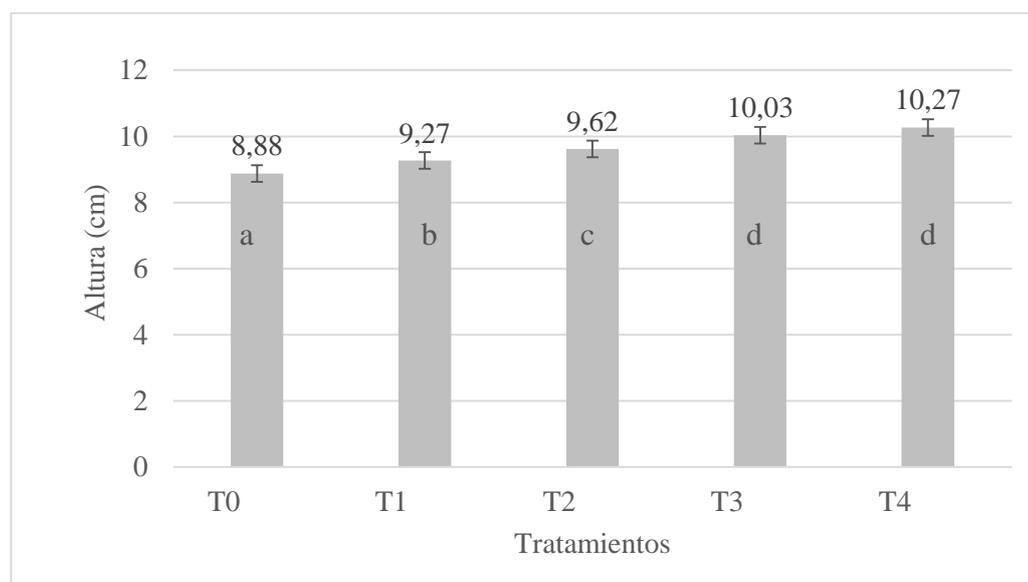


Figura 3. Altura a los 60 días de cultivo.

Al final del ensayo, los tratamientos 3 y 4 alcanzaron mayores alturas sin diferencias significativas entre ellos, pero sí del resto de tratamientos, llegando a medir 10,03 y 10,27 centímetros, influyendo la inclusión de FPI SD en el crecimiento de *Colossoma macropomum*.

4.3. LONGITUD

De igual manera se midió la longitud estándar, que comprende desde la cabeza hasta el final de las escamas o hasta límite posterior de la última vértebra y la longitud total que va desde la boca hasta la punta del lóbulo más largo de la aleta caudal, ambas variables se midieron en centímetros.

4.3.1. Longitud Estándar

Para la longitud estándar, se puede ver que a partir del día 15 de cultivo existen diferencias significativas, por tanto el efecto de la inclusión de nucleótido en la dieta de cachama puede visualizarse rápidamente para esta variable, para el día 30 en adelante se visualizan diferencias altamente significativas.

Tabla 8. ADEVA de longitud estándar en cada evaluación.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		0	15	30	45	60
Tratamiento	4	0,02 ns	0,41 *	1,16 **	5,13 **	3,36 **
Error	15	0,02	0,11	0,08	0,08	0,08
Total	19					
Coefficiente de variación		4,64	6,28	2,3	1,82	1,88
p-valor		0,4802	0,0303	<0,0001	<0,0001	<0,0001

*: Significativo

** : Altamente significativo

ns: no significativo

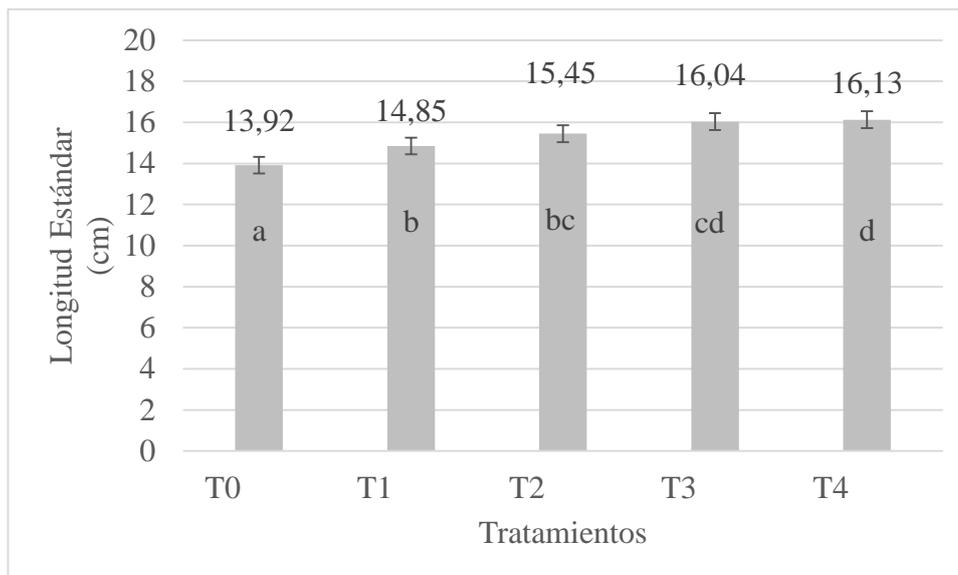


Figura 4. Longitud Estándar a los 60 días de cultivo.

En esta figura se puede observar las medias al final del estudio para la variable longitud estándar, dado que el sistema digestivo de los peces en etapas iniciales es menos complejo, tal como menciona David, Lenis y Castañeda, (2011), esta etapa es crucial en el posterior desarrollo, por lo tanto al complementar el pienso mediante la inclusión de FPI con péptidos de cadena corta el desarrollo de los peces se vio influenciado, donde las mayores medias alcanzadas son para el tratamiento 3 y 4, sin diferencias estadísticas entre ellos, alcanzando una longitud estándar de 16,04 y 16,13 centímetros, mientras que el control llegó a medir en promedio 13,92 centímetros

4.3.2. Longitud Total

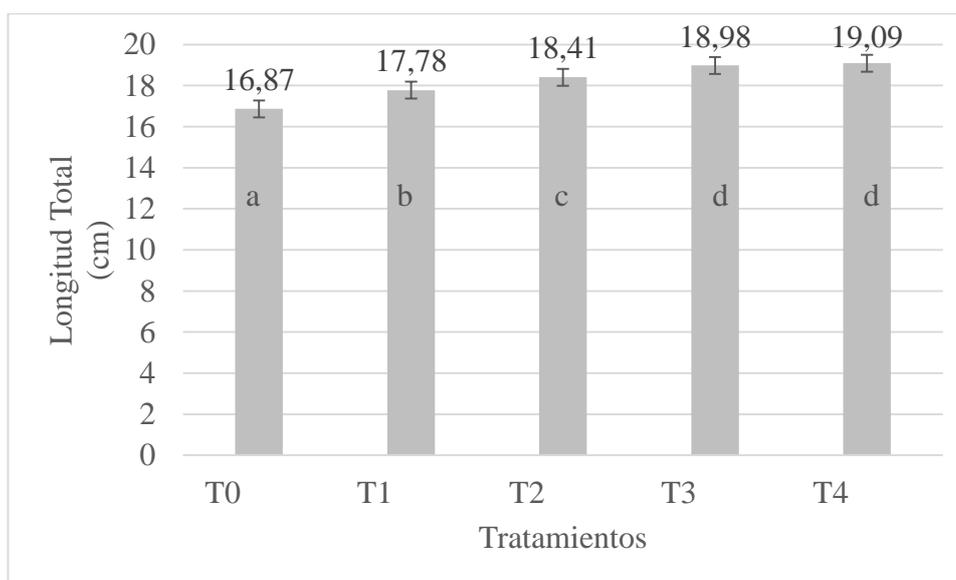
En cuanto a la variable longitud total no se observan diferencias significativas durante las dos primeras evaluaciones, a diferencia de la longitud estándar, a partir del día 30 de cultivo existen diferencias altamente significativas, por tanto se rechaza la hipótesis nula, es decir, la inclusión de nucleótido de atún en diferentes niveles sí influye en la longitud total.

Tabla 9. ADEVA de longitud total en cada evaluación

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios				
		0	15	30	45	60
Tratamiento	4	0,01 ns	0,3 ns	1,86 **	5,13 **	3,38 **
Error	15	0,02	0,1	0,07	0,08	0,08
Total	19					
Coefficiente de variación		4,8	5,03	2,13	1,81	1,51
p-valor		0,7029	0,0506	<0,0001	<0,0001	<0,0001

** : Altamente significativo

ns: no significativo



.Figura 5. Longitud Total a los 60 días de cultivo.

Para la variable longitud total, mediante la prueba de Tukey ($p < 0,5$) se puede observar que difieren estadísticamente las medias de los tratamientos 0, 1 y 2, mientras que el tratamiento 3 y 4 no difieren entre ellos. Con cada incremento del nivel de inclusión de FPI SD la longitud varió, esto porque al igual que menciona Baldisserotto (2013), el adicionar este producto resultó benéfico hasta cierto porcentaje, para esta

variable con un 3% y 4% debido a su fácil asimilación, alcanzando longitudes de 18,98 y 19,09, siendo éstas las más altas, mientras que el control obtuvo la menor longitud, midiendo 16,87 centímetros.

4.4. ADEVA Y TUKEY PARA TASA DE CRECIMIENTO DIARIA, SOBREVIVENCIA, CONVERSIÓN ALIMENTICIA Y BIOMASA FINAL

En cuanto a las variables, tasa de crecimiento diaria, conversión alimenticia y biomasa final, existen diferencias altamente significativas como se observa en la tabla 11 mientras que para la variable sobrevivencia no existen diferencias significativas.

Tabla 10. ADEVA de tasa de crecimiento diaria, sobrevivencia, conversión alimenticia y biomasa final

Fuentes de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Tasa de Crecimiento Diaria	Sobrevivencia	Conversión alimenticia	Biomasa final
Tratamiento	4	0,15 **	0,7 ns	236,23 **	2,02 **
Error Experimental	15	0,01	3,8	8,88	0,07
Total	19				
Coefficiente de variación		3,65	1,970006	3,72	3,43
p-valor		<0,0001	0,943	<0,0001	<0,0001

** : Altamente significativo

ns: no significativo

4.4.1. Tasa de crecimiento diario

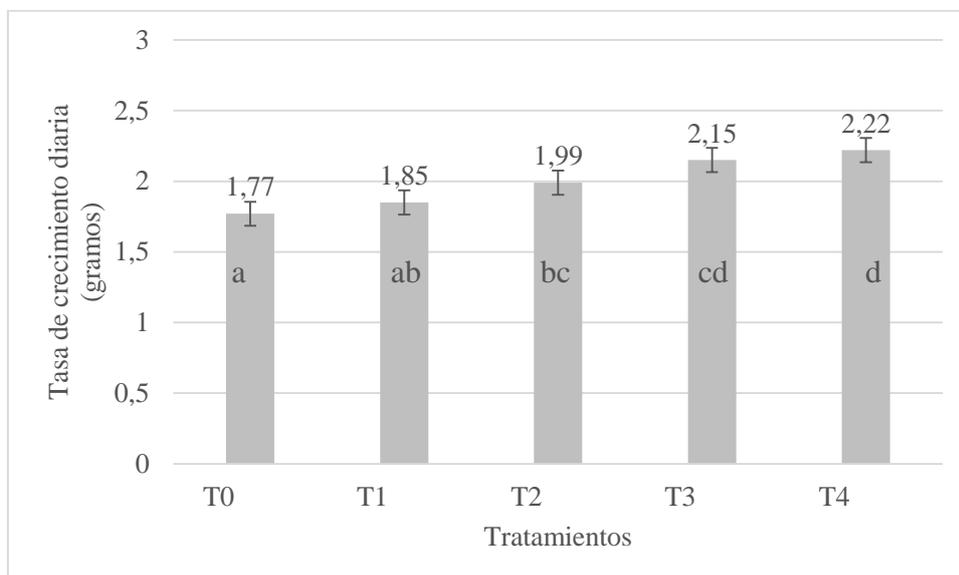


Figura 6. Tasa de crecimiento diaria a los 60 días de cultivo.

Los tratamientos 3 y 4 alcanzaron las mayores tasas de crecimiento diario, ganando pesos en promedio diarios de 2,15 y 2,22 gramos al día, ambos tratamientos sin diferencias significativas, durante los 60 días de cultivo, esto es un 21% y 25% más respecto al control. A diferencia de Espea, Sveier, Høggøy, y Lieda (1999), que encontraron que en la especie *Salmo salar* L. con altos niveles de inclusión de dietas proteicas hidrolizadas disminuye el rendimiento, el FPI SD en la dieta de *Colossoma macropomum* incrementó el rendimiento, reflejándose en la tasa de crecimiento diaria, siendo ésta mayor conforme se incrementó el porcentaje de inclusión en el pienso.

El tratamiento control y el tratamiento 1 obtuvieron las menores tasas de crecimiento por día, esto es tan solo 1,77 y 1,85 gramos, por tanto el tiempo de cultivo necesario hasta alcanzar su peso comercial, que es en promedio 450 gramos, se verá reducido.

4.4.2. Factor de conversión alimenticio

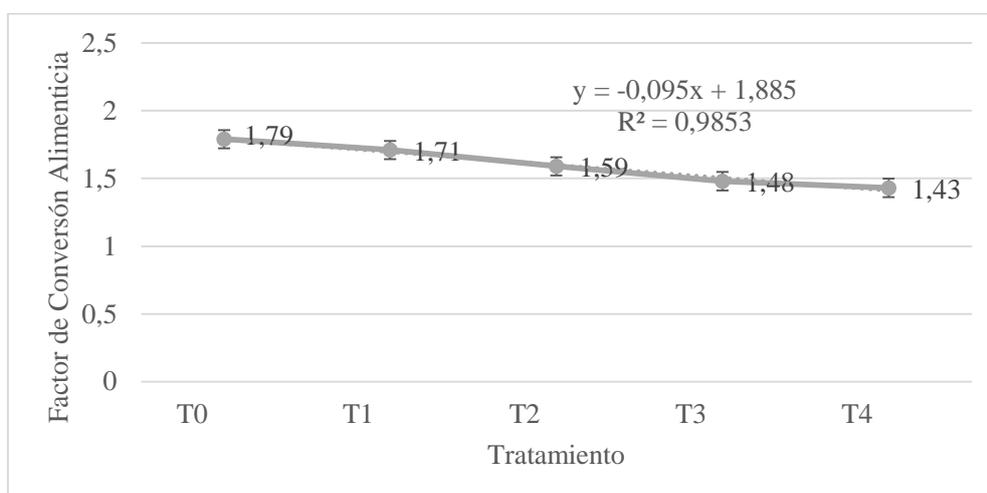


Figura 7. Factor de conversión alimenticia a los 60 días de cultivo.

En cuanto a esta figura, se presenta una tendencia lineal decreciente, con valor de R^2 alto, existiendo una relación inversa entre la cantidad de nucleótido que se incluyó en la dieta y el factor de conversión alimenticia, por tanto conforme se incrementó la dosis de nucleótido con menor alimento consumido ganan igual cantidad en peso vivo.

Tabla 11. Medias de factor de conversión alimenticio

Tratamiento	Medias
T4	1,43 a
T3	1,48 a b
T2	1,59 b c
T1	1,71 c d
T0	1,79 d

Así para ganar un kilo de peso vivo el tratamiento control necesitó consumir 1,79 kilogramos de pienso, mientras que el tratamiento 4 tan solo 1,43 kilogramos, esto es un 20% menos cantidad de alimento, al igual que Ospina (2016), se pudo determinar que conforme se incrementa el porcentaje del péptido, en este caso hasta un 4% en la dieta, el factor de conversión disminuye.

4.4.3. Biomasa Final

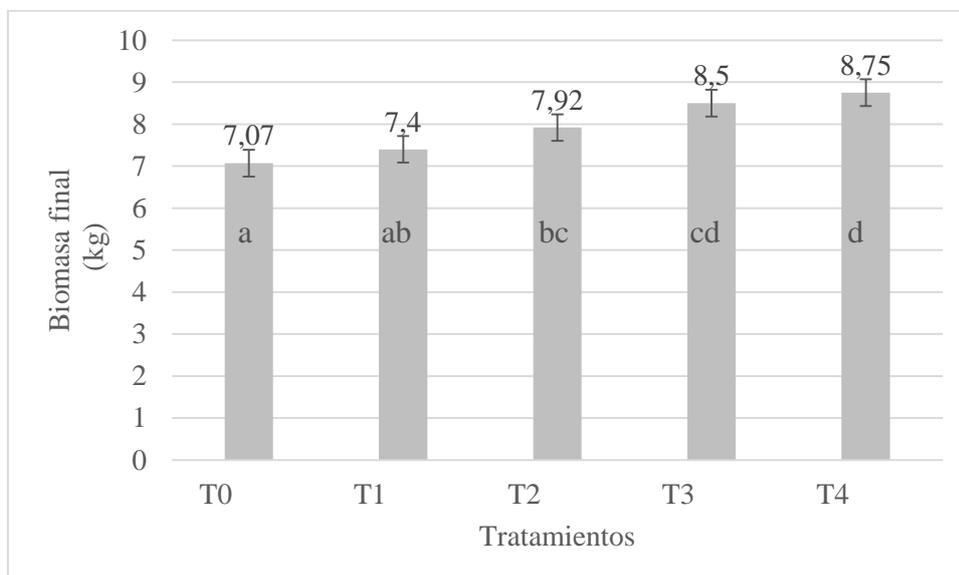


Figura 8. Biomasa final a los 60 días de cultivo.

Los tratamientos 0 y 1 tuvieron una menor biomasa final, de $7,07 \text{ kg/m}^3$ y $7,4 \text{ kg/m}^3$ cada uno de ellos, los tratamientos 1 y 2, 2 y 3, 3 y 4 no difieren estadísticamente entre ellos, pero los tratamientos 3 y 4 son los que alcanzaron una mayor biomasa final, teniendo una diferencia de 250 g/m^3 entre estos, esta investigación presenta resultados similares a los encontrados por Sary y Lewandowski (2017), donde al igual que en este caso para la biomasa final se alcanzó la mayor media con un porcentaje de 4% de FPI SD. La biomasa final se incrementó hasta en un 23,76%, así de $7,07 \text{ kg/m}^3$ en el tratamiento control alcanzó hasta $8,75 \text{ kg/m}^3$ para el tratamiento 4, aun considerando que con el tratamiento 3 no presenta diferencias significativas, la diferencia entre ambas medias es de $0,250 \text{ kg/m}^3$.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Al complementar el alimento comercial con la inclusión de nucleótido de atún a base de aislado de proteína (FPI SD) en la dieta de cachama (*Colossoma macropomum*), el cual contenía ingredientes proteicos con características nutricionales, funcionales y organolépticas, influyó en casi todos los parámetros productivos, así para la variable peso vivo los mayores pesos promedios al final del estudio se dio en los tratamientos con donde se incluyó 30 y 40 gramos de nucleótido por kilogramo de alimento balanceado, evidenciando así su efecto positivo con respecto al tratamiento control.

La suplementación con FPI SD no afectó el crecimiento negativamente, cuando se suministraron cantidades menores o mayores, ya que todos los peces alimentados con el nucleótido ganaron más peso que el grupo de control, debido a esto la longitud total y estándar, incrementó conforme la dosis del nucleótido era mayor, alcanzando las mayores longitudes en los tratamientos donde se incluyó 30 y 40 gramos del nucleótido por kilo de alimento comercial.

Mediante la inclusión del nucleótido de atún, se logró eficientar el uso del alimento balanceado, logrando incrementar la ganancia de peso con la misma cantidad de alimento consumido, así de esta manera a pesar de haber suministrado alimento por igual en todos los tratamientos, la menor conversión alimenticia y mayor tasa de crecimiento diaria se dio en el tratamiento con un 4% de inclusión de FPI SD. El efecto positivo del nucleótido se puede atribuir en gran parte a que aparentemente mejora la palatabilidad del pienso, además del alto contenido de proteína que este posee.

La sobrevivencia de cachama negra (*Colossoma macropomum*) no se vio influenciada por la inclusión del nucleótido de atún en la dieta, sin embargo, se demostró que SPI SD, sirve como una buena fuente de aminoácidos hasta la etapa de levante, acelerando el crecimiento de la especie en estudio.

5.2. RECOMENDACIONES

Se requieren investigaciones adicionales para determinar el perfil peptídico dietético óptimo al incluir FPI SD en dosis mayores, que tengan un efecto benéfico, para así encontrar el porcentaje con el que se logra mayor influencia positiva en los parámetros productivos de cachama.

Efectuar nuevos estudios donde se evalúe a *Colossoma macropomum* durante toda la fase de cultivo, hasta que los peces alcancen su peso comercial, para así determinar si reduce o no el tiempo de cría.

Realizar nuevos ensayos en un sistema de cría abierto para evitar factores que puedan afectar a las variables en estudio, como el estrés por confinamiento y determinar la relación costo beneficio de la inclusión de FPI SD.

5.3. BIBLIOGRAFÍA

- Baldisserotto, B. (2013). *Psicultura, fisiología vegetal, peixes, zootecnia, criação de peixes*. Santa Maria: UFSM.
- Baltazar, P., & Sotil, G. (2013). Respuesta de la inclusión de péptidos aislados de pescado en la dieta de *Oreochromis niloticus*. *XXII Reunión Científica ICBAR*. Lima: UNMSM.
- Benítez, E., & Venegas, C. (2003). *Guía para el Cultivo de Cachama*. Loja: Universidad Nacional de Loja.
- BioAlimentar. (17 de octubre de 2013). *Nutrición Pecuaria*. Recuperado el 21 de agosto de 2016, de <http://www.bioalimentar.com/index.php/unidades-de-negocio/productos-industriales/nutricion-pecuaria/peces>
- BlueWave. (2014). *PerfectDigest™ FPI SD*. Obtenido de Marine Ingredients.
- Cabello, A. (1995). Nuevos Productos Pesqueros en la Dieta del Venezolano. *FONAIAP*, 19-23.
- CAP. (1993). *La piscicultura una oportunidad para su finca*. Mocoa: Servigráficas.
- CentroLianas. (1 de noviembre de 2013). *Piscicultura sostenible para la Amazonía*. Obtenido de <http://www.centrolianas.org/Piscicultura.html>
- Chalamaiah, M., Kumar, B., Hemalatha, R., & Jyothirmayi, T. (2012). Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. *Food Chemistry*, 3020–3038.
- Chaverra, R. (1996). *Manejo de la Cachama*. Colombia: Fondo DRI.
- David, C., Lenis, G., & Castañeda, G. (2011). Initial diet composition affects weight gain and total length of Pacu (*Piaractus brachypomus*) larvae. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 48-53.
- Espea, M., Sveier, H., Høggøy, I., & Lieda, E. (1999). Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish protein concentrate. *Aquaculture*, 119-137.
- Estévez, M. (2000). *La Cachama, cultivo en estanques*. Colombia: INDERENA.

- FAO. (1 de marzo de 2003). *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación*. Obtenido de Nutrientes esenciales: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB492S/AB492S01.htm>
- FAO. (2010). *Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo*. (A. Flores, & A. Brown, Edits.) Roma, Italia. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/014/i1773s/i1773s.pdf>
- FAO. (9 de mayo de 2013). *Sistema de Información sobre Alimentos y Recursos Fertilizantes para la Acuicultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/fertilizantes-y-fertilizacion/es/>
- FAO. (7 de julio de 2016). *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*. Obtenido de Consumo mundial de pescado: <http://www.fao.org/news/story/es/item/423048/icode/>
- Flores, A. (2010). *Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo*. Roma, Italia: FAO.
- Gomes, L., Araujo, C., Chippari, A., & Roubach, R. (2006). Transportation of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a closed system. *Brazilian Journal of Biology, Vol. 66(2A)*, 493-502. doi:10.1590/S1519-69842006000300015
- Gomes, L., Roubach, R., & Araujo, C. (2002). Transportation of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*) in Amazon: main problems. *World Aquacult.*, 33, 51-53.
- Hernandez, R., Fernández, C., & Baptista, P. (1997). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Kohler, C., Alcantara, F., Kohler, S., & Rios, E. (1998). Development of sustainable pond aquaculture practices for *Piaractus brachypomus* in the Peruvian Amazon. *Fifteenth Annual Technical Report*, 105-107.

- MAG. (25 de febrero de 2015). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Recuperado el 3 de febrero de 2017, de En Pastaza comercializan alevines de cachama: <http://www.agricultura.gob.ec/en-pastaza-comercializan-alevines-de-cachama/>
- MAGAP. (16 de febrero de 2016). *Cachama, alternativa de producción para familias de la Amazonía*. Obtenido de <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/cachama-alternativa-de-produccion-para-familias-de-la-amazonia>
- Muñoz, O. (2004). Comparación entre extruído y pelletizado en alimento de camarones. *Avances en Nutrición Acuícola*, (págs. 397-417). Hermosillo.
- Ospina, S., Ríos, M., & Toledo, E. (2016). The effects of fish hydrolysate and soy protein isolate on the growth performance, body composition and digestibility of juvenile pike silverside, *Chirostoma estor*. *Animal Feed Science and Technology*, 168-179.
- OTCA. (2016). *Piscicultura Amazónica con Especies Nativas*. Brasilia.
- Pineda, H., Restrepo, L., & Ángel, M. (2002). Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier 1818) mantenidos en estanqu. *AquaTIC*, 17, 24-29.
- Poleo, G., Aranbarrio, J., Mendoza, L., & Romero, O. (2011). Cultivo de cachama en altas densidades y en dos sistemas cerrado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 429-437.
- Ravallec, R. (2000). Valorisation d'hydrolysats d'origine marine : optimisation de la concentration en peptides apparentes aux facteurs de croissance et aux agents secretagogues. Essais in vitro et in vivo. *Mention Chimie Marine*, 153.
- Sargent, J., & Tacon, A. (1999). Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. *Proceedings of the Nutrition Society*, 377-383.
- Sary, C., & Lewandowski, V. (2017). Tilapia by-product hydrolysate powder in diets for Nile tilapia larvae. *Acta Scientiarum* (págs. 1-6). Maringá: Animal Sciences.
- SENPLADES. (2009). *Plan Nacional para el Buen Vivir*. Quito.

Spinetti, M., Foti, R., Ares, L., & Viera, M. (2010). *Manual básico de Piscicultura en estanques*. Montevideo: DINARA.

Wisuthiphaet, N., & Kongruang, S. (2015). Production of Fish Protein Hydrolysates by Acid and Enzymatic Hydrolysis. *Journal of Medical and Bioengineering*, 466-470.