	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 1 de 87

21.1

FECHA	martes, 2 de julio de 2019
--------------	----------------------------

Señores
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
 BIBLIOTECA
 Ciudad

UNIDAD REGIONAL	Sede Fusagasugá
------------------------	-----------------

TIPO DE DOCUMENTO	Trabajo De Grado
--------------------------	------------------

FACULTAD	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO	Pregrado
---	----------


PROGRAMA ACADÉMICO	Zootecnia
---------------------------	-----------

El Autor(Es):

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS	No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN
Torres Castillo	Harold Hernando	1026291509

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 2 de 87

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

APELLIDOS COMPLETOS	NOMBRES COMPLETOS
Sánchez Lozano	Nury Beatriz

TÍTULO DEL DOCUMENTO
EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN DE FUENTES PROTEICAS VEGETALES A LA HARINA DE PESCADO Y SU EFECTO EN PARAMETROS DE CRECIMIENTO Y EFICIENCIA NUTRITIVA DE LA TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis sp.</i>)

SUBTÍTULO (Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)


TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía
Zootecnista

AÑO DE EDICIÓN DEL DOCUMENTO	NÚMERO DE PÁGINAS
28/02/2019	78 pag.

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)	
ESPAÑOL	INGLÉS
1.Acicultura	Aquaculture
2.Fuentes Proteicas	Protein sources
3.Alimentación	Food
4.Costos de Producción	Production costs
5. Tilapia Roja	Red tilapia

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2


Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 3 de 87

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS
(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: En la acuicultura, la reducción en los costos de producción es el principal desafío productivo, debido al elevado precio de la harina de pescado que posee un alto valor proteico. **OBJETIVO** Evaluar los efectos de la inclusión de fuentes proteicas vegetales a la harina de pescado, en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva del híbrido de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) **METODOLOGÍA:** Se formularon 3 dietas, en las cuales se incluyó una mezcla vegetal (Sacha Inchi, Botón de oro y Torta de soya) a diferentes niveles, 15%, 25% y 35%. Se utilizaron 240 alevines de Tilapia roja, con unos pesos medios de 7.5g. El estudio se realizó durante 126 días con unos pesos medios de 146g en las instalaciones piscícolas del I.T.A VALSALICE. Los peces se alimentaron 2 veces al día, realizando muestreos cada 20 días, evaluándolos siguientes parámetros: Tasa de crecimiento instantáneo (TCI), la Tasa de alimentación diaria (TAD), Índice de conversión alimenticia (ICA), Peso final (PF), y parámetros biométricos como Índice Viscerosomático (IVS), Índice Hepatosomático (IHS) y Factor de Condición (FC). **RESULTADOS:** No presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en ninguno de los tratamientos en los índices zootécnicos como IVS, IHS y Supervivencia. Sin embargo, se presentaron diferencias significativas en PF, ICA, TCI, TAD, FC e IGV. **CONCLUSIÓN:** La mayor inclusión de la mezcla vegetal, presenta mejores resultados en el crecimiento en alevines de tilapia roja, por lo que fue posible incluir hasta un 35% sin que esto afecte al crecimiento, ni la eficiencia nutritiva optimizando los costos de producción.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 4 de 87

ABSTRACT


INTRODUCTION: In aquaculture, saving during production represent the main challenge, due to the high price of fishmeal with its high protein content.

OBJECTIVE: To evaluate the effects of the inclusion of vegetable protein sources in fishmeal, considering the growth and nutritional efficiency of the red tilapia hybrid (*Oreochromis* sp.)

MATERIALS AND METHODS: We assessed 3 diets including a mixture with vegetables (Sacha Inchi, Botón de oro y Torte de soya) in different levels (15%, 25% and 35%). 240 red tilapia fingerlings were used, with average weights of 7.5g. The study was conducted for 126 days with 146 g in the ITA VALSALICE fish facilities. Fish were fed twice a day, performed every 20 days, evaluating the following parameters: Instantaneous growth rate (IGR), Daily feeding rate (DFR), Food conversion index (FCI), Final weight (FW), and biometric parameters such as Viscerosomatic Index (VI), Hepatosomatic Index (HI) and Condition Factor (CF).

RESULTS: There were no significant differences ($p > 0.05$) in any of treatments in the zootechnical indexes such as VI, HI and survival. However, there are several significant differences in IGR, DFR, FCI, FW and CF.

CONCLUSION: The greater substitution of vegetable mixtures had better results in the growth of red tilapia fry by including up to 35% without affecting fish growth, nutritional efficiency and optimizing production costs.

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 5 de 87

AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.


En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	X	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	X	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 6 de 87

complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.


Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

Información Confidencial:

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAr113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 7 de 87

se han publicado. **SI** __ **NO** __.

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

LICENCIA DE PUBLICACIÓN

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:


a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co
 NIT: 890.680.062-2

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 8 de 87

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el "Manual del Repositorio Institucional AAAM003"

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.




Nota:

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

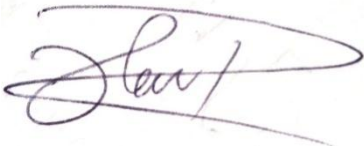
La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1. EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN DE FUENTES PROTEICAS VEGETALES A LA HARINA DE PESCADO Y SU EFECTO EN PARAMETROS DE CRECIMIENTO Y EFICIENCIA NUTRITIVA DE LA TILAPIA	Texto

	MACROPROCESO DE APOYO	CÓDIGO: AAAR113
	PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO	VERSIÓN: 3
	DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL	VIGENCIA: 2017-11-16
		PAGINA: 9 de 87

ROJA (<i>Oreochromis sp.</i>)	
--------------------------------------	--

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafo)
Torres Castillo Harold Hernando	

21.1-51.20

**EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN DE FUENTES PROTEICAS
VEGETALES A LA HARINA DE PESCADO Y SU EFECTO EN
PARAMETROS DE CRECIMIENTO Y EFICIENCIA NUTRITIVA DE LA
TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*)**



HAROLD HERNANDO TORRES CASTILLO

Trabajo de grado de opción investigación presentado como requisito para la obtención del título de Zootecnista

**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA**

Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia

2018

**EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN DE FUENTES PROTEICAS VEGETALES A
LA HARINA DE PESCADO Y SU EFECTO EN PARAMETROS DE
CRECIMIENTO Y EFICIENCIA NUTRITIVA DE LA TILAPIA ROJA
(*Oreochromis sp.*)**

HAROLD HERNANDO TORRES CASTILLO

DIRECTORA

NURY BEATRIZ SÁNCHEZ LOZANO

Ing Pesquera, Lic. En ciencias del mar, Esp. En ciencias ambientales, Doct. En acuicultura

Línea de investigación:

Nutrición animal

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de

ZOOTECNISTA

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

Facultad de ciencias agropecuarias

Programa académico:

ZOOTECNIA

Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DE EVALUADORES

Nombre:

Nombre:

Fusagasugá, Cundinamarca, 2018

DEDICATORIA

Este trabajo final de carrera, va dedicada a mi familia, a mi madre, Gilma Teresa Castillo Ramírez, a mi padre, Hernando Torres Reyes y a mi hermano, Willer Ricardo Torres Castillo, por su apoyo incondicional, por darme fuerzas para continuar con mi formación profesional.

Dedico también, a mi directora de trabajo, Nury Beatriz Sánchez Lozano, por su motivación, apoyo, colaboración y por ser mi tutora de vida. Sus sabios consejos me han permitido progresar frente a diferentes adversidades presentes en esta investigación.

También me gustaría dedicar a mi querida y valiosa compañera de vida, quien, con su apoyo y amor, me fortalece para continuar con mi formación profesional, gracias por acompañarme y por quererme tanto.

AGRADECIMIENTOS

En toda experiencia universitaria y en la conclusión del trabajo final de carrera, ha habido personas que merecen las gracias porque, sin su aporte y su valiosa colaboración, ésta investigación no hubiese podido llevarse a feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser consecuente con ellas, expresándoles todo mi agradecimiento.

Agradezco profundamente al Reverendo José Humberto Fonseca, rector del Instituto Técnico Agrícola de VALSALICE, por permitirme y facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo las actividades propuestas durante el desarrollo de esta investigación.

Mi gratitud, de todo corazón a mi directora de trabajo final de carrera, Nury Beatriz Sánchez Lozano, por haber trabajado conmigo el tiempo necesario con una entrega y disposición absoluta, debo destacar su “paciencia” y disponibilidad que hizo de su participación el éxito en la elaboración de esta investigación. Además, me gustaría agradecer también el gran aporte de conocimiento que me brindo durante todo el proceso investigativo, por esa confianza y respeto que hubo a lo largo de este trayecto.

También, agradezco la colaboración de Leopoldo Gómez Garzón y Jorge Cuesto, funcionarios del Instituto Técnico Agrícola, por su aporte y seguimiento del proyecto. Así mismo, debo dar la gracias a mis compañeros Sebastián Palacio, Steven Rico, Sebastián Mejía, Andrés Mora y July Baquero, que de una u otra forma contribuyeron en el desarrollo y finalidad de la investigación.

A mis padres y mi hermano por su gran apoyo siempre a mi lado, por su esfuerzo a este importante paso a mi formación profesional, les agradezco de corazón su acompañamiento durante el desarrollo y finalización de la investigación.

Por ultimo, me gustaría Agradecer a la Universidad de Cundinamarca, por darme la oportunidad de formarme como zootecnista y por permitirme el crecer como profesional.

1. Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	10
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3.	JUSTIFICACIÓN	13
4.	OBJETIVO GENERAL.....	14
4.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
5.	MARCO REFERENCIAL.....	15
5.1.	Producción acuícola de la tilapia	15
5.2.	Producción acuícola en Colombia.....	16
5.3.	Generalidades de la Tilapia Roja	19
5.4.	Requerimientos de la tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>)	19
5.4.1.	Requerimientos de Proteína	20
5.4.2.	Requerimientos de aminoácidos	20
5.4.3.	Requerimientos de Energía	21
5.5.	FUENTES PROTEICAS EN CONCENTRADOS.....	21
5.5.1.	Harina De Pescado	21
5.5.2.	Uso de Materias Primas Alternativas No Convencionales.....	21
5.5.3.	Fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado	22
5.4.3.3.	Mezclas Vegetales.....	27
5.6.	Digestibilidad Aparente	28
6.	MARCO LEGAL.....	30
7.	MATERIALES Y METODOS	32
7.1.	Área de estudio	32
7.1.1.	Elementos del sistema.....	33
7.1.2.	Diseño experimental	34

7.2.	Análisis de las materias primas	35
7.3.	Formulación de las dietas experimentales.....	37
7.3.1.	Rutina de trabajo (Pareciera implícito en el trabajo).....	40
7.3.2.	Control de calidad del agua (Parámetros físico-químicos)	40
7.3.3.	Alimentación.....	10
7.3.5.	Controles finales (Biometrías e índices biométricos)	11
7.3.6.	MÉTODOS ANALÍTICOS	14
7.3.7.	ANÁLISIS DE DIGESTIBILIDAD	18
7.4.	Análisis estadístico.....	20
7.4.1.	Análisis económico	21
8.	RESULTADOS.....	23
8.1.	Crecimiento.....	23
8.1.1.	Resultados globales de crecimiento y parámetros nutritivos.	24
8.1.2.	Parámetros biométricos.....	26
8.2.	ANÁLISIS DE DIGESTIBILIDAD	26
8.3.	Presupuesto	28
8.3.1.	Costo por dieta experimental	29
8.3.2.	Presupuesto parcial	30
8.3.3.	Tasa de conversión Económica.....	31
9.	DISCUSIÓN	32
9.1.	Crecimiento y eficiencia nutritiva.....	32
10.	CONCLUSIONES	35
11.	BIBLIOGRAFÍA	37

TABLAS DE FIGURAS

Figura 1. Países productores de tilapia a nivel mundial (Valores expresados en t).	15
Figura 2. Distribución geográfica de la producción de tilapia (<i>Oreochromis</i>) a nivel mundial.	16
Figura 3. Volúmenes (t) comercialización de la tilapia en diferentes zonas geográficas de Colombia durante el periodo de julio a diciembre del 2016	17
Figura 4. Importaciones de Estados Unidos provenientes de Colombia (valores expresados en libras).	18
Figura 5. Estación piscícola VALSALICE.	33
Figura 6. Fabricación y anclaje de las Jaulas flotantes	34
Figura 7. Perfil aminoacídico de las materias primas	37
Figura 8. Diagrama de flujo: elaboración de las dietas experimentales.....	39
Figura 9. Diagrama metodológico experimental.....	10
Figura 10. Disección del híbrido de tilapia roja.....	12
Figura 11. Desecador y Horno.....	14
Figura 12. Mufla de incineración.....	15
Figura 13. Extractor de Goldfisch.....	16
Figura 14. Digestor y la unidad automática destiladora.....	17
Figura 15. Evidencia del crecimiento durante de alevines de tilapia.....	23
Figura 16. Aumento de peso promedio de especímenes de tilapia roja durante 126 días.....	24
Figura 17. Porcentaje de rentabilidad de las dietas experimentales.....	30

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos de proteína en cada una de las etapas de producción de la tilapia	20
Tabla 2. Resumen de la sustitución e inclusión de fuentes proteicas de origen animal alternativas a la harina de pescado en tilapia.	24
Tabla 3. Resumen de la sustitución e inclusión de fuentes proteicas de origen vegetal alternativas a la harina de pescado en tilapia.	26
Tabla 4. Ventajas y desventajas de algunas fuentes proteicas vegetales.....	27
Tabla 5. Composición proximal de las dietas experimentales (g/100g de muestra).	35
Tabla 6. Composición aminoácidos (A.A), materias primas en (g/100g).....	36
Tabla 7. Ingredientes de las dietas experimentales, donde podemos observar los niveles de inclusión de las materias primas vegetales.	38
Tabla 8. Composición corporal de los peces al inicio del experimento (g/100g).	39
Tabla 9. Valores medios de los parámetros físico-químicos del agua.	41
Tabla 10. Peso final de los animales por tratamiento.....	24
Tabla 11. Datos globales de los parámetros obtenidos en las diferentes etapas de la prueba,	25
Tabla 12. Efecto del tratamiento sobre los parámetros biométricos de la tilapia al final de la prueba (media \pm ES).	26
Tabla 13. Retención y Composición Proximal de las heces (g/100g de muestra). y Coeficientes de digestibilidad aparente en contenidos de materia seca, proteína y energía de las dietas experimentales	27
Tabla 14. Costo total en la fabricación y elaborados de dietas artesanales.....	28
Tabla 15. Materias primas utilizadas para dieta artesanal dieta (15%) (4 meses).....	29
Tabla 16. Materias primas utilizadas para dieta artesanal dieta (25%) (4 meses).....	29
Tabla 17. Materias primas utilizadas para dieta artesanal dieta (35%) (4 meses).....	30
Tabla 18. Tasa de conversión económica (TCE) del cultivo en alevines de tilapia roja en diferentes tratamientos.....	31

2. RESUMEN

INTRODUCCIÓN: En la acuicultura, la reducción en los costos de producción es el principal desafío productivo, debido al elevado precio de la harina de pescado que posee un alto valor proteico. **OBJETIVO** Evaluar los efectos de la inclusión de fuentes proteicas vegetales a la harina de pescado, en los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva del híbrido de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) **METODOLOGÍA:** Se formularon 3 dietas, en las cuales se incluyó una mezcla vegetal (Sacha Inchi, Botón de oro y Torta de soya) a diferentes niveles, 15%, 25% y 35%. Se utilizaron 240 alevines de Tilapia roja, con unos pesos medios de 7.5g. El estudio se realizó durante 126 días con unos pesos medios de 146g en las instalaciones piscícolas del I.T.A VALSALICE. Los peces se alimentaron 2 veces al día, realizando muestreos cada 20 días, evaluándolos siguientes parámetros: Tasa de crecimiento instantáneo (TCI), la Tasa de alimentación diaria (TAD), Índice de conversión alimenticia (ICA), Peso final (PF), y parámetros biométricos como Índice Viscerosomático (IVS), Índice Hepatosomático (IHS) y Factor de Condición (FC). **RESULTADOS:** No presentaron diferencias significativas ($p>0,05$) en ninguno de los tratamientos en los índices zootécnicos como IVS, IHS y Supervivencia. Sin embargo, se presentaron diferencias significativas en PF, ICA, TCI, TAD, FC e IGV. **CONCLUSIÓN:** La mayor inclusión de la mezcla vegetal, presenta mejores resultados en el crecimiento en alevines de tilapia roja, por lo que fue posible incluir hasta un 35% sin que esto afecte al crecimiento, ni la eficiencia nutritiva optimizando los costos de producción.

PALABRAS CLAVES: Acuicultura, fuentes proteicas, alimentación, costos de producción, tilapia roja.

3. ABSTRACT

INTRODUCTION: In aquaculture, saving during production represent the main challenge, due to the high price of fishmeal with its high protein content. **OBJECTIVE:** To evaluate the effects of the inclusion of vegetable protein sources in fishmeal, considering the growth and nutritional efficiency of the red tilapia hybrid (*Oreochromis* sp.) **MATERIALS AND METHODS:** We assessed 3 diets including a mixture with vegetables (Sacha Inchi, Botón de oro y Torte de soya) in different levels (15%, 25% and 35%). 240 red tilapia fingerlings were used, with average weights of 7.5g. The study was conducted for 126 days with 146 g in the ITA VALSALICE fish facilities. Fish were fed twice a day, performed every 20 days, evaluating the following parameters: Instantaneous growth rate (IGR), Daily feeding rate (DFR), Food conversion index (FCI), Final weight (FW), and biometric parameters such as Viscerosomatic Index (VI), Hepatosomatic Index (HI) and Condition Factor (CF). **RESULTS:** There were no significant differences ($p > 0.05$) in any of treatments in the zootechnical indexes such as VI, HI and survival. However, there are several significant differences in IGR, DFR, FCI, FW and CF. **CONCLUSION:** The greater substitution of vegetable mixtures had better results in the growth of red tilapia fry by including up to 35% without affecting fish growth, nutritional efficiency and optimizing production costs.

KEYWORDS: Aquaculture, protein sources, food, production costs, red tilapia.

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura sigue siendo un importante sector para el suministro de alimento a nivel mundial, registrando cada año un aumento porcentual en la producción pesquera para consumo humano, pasando del 67% en 1960 al 87% en el año 2014 (FAO, 2016). En el mismo periodo, representó un crecimiento en la producción acuícola más elevado que el crecimiento de la población, generando un consumo per cápita del de 9,9 kg en 1960 a 20 kg en el 2014, lo cual supone un crecimiento medio anual del 10% (FAO, 2016). La acuicultura a nivel mundial ha desempeñado un gran crecimiento en los últimos 50 años. La producción ha incrementado de menos de 20 millones de toneladas en el año 1950 a una producción de 146 millones de toneladas en el año 2014 (FAO, 2016), considerándose como un sector primordial para abastecer el continuo crecimiento de la población y satisfacer la alta demanda de alimentos a nivel mundial. La producción de alimentos acuáticos permite que disminuya la captura de peces de su medio natural desde la década de los 80's, el sector acuícola ha aumentado a un ritmo anual medio del 3,2% en el periodo de 1961-2013 en producción de pescado para consumo humano, lo cual favorece en aumento de consumo per cápita a nivel mundial (FAO, 2016). La producción acuícola desempeña un papel muy importante en la producción de productos de origen animal, registrando una producción de 73,8 millones de toneladas compuestas de 49,8 millones de toneladas de peces de escama, 16,1 millones de toneladas de moluscos, 6,9 millones de crustáceos y 7,3 millones otros animales acuáticos (FAO, 2016). En relación con lo anterior la piscifactoría representa la tercera cuarta parte del volumen de la producción total de acuicultura (FAO, 2016).

El híbrido de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), es una de las especies acuáticas comercialmente más importantes para la acuicultura, ya que presenta características favorables para el piscicultor como su rápida tasa de crecimiento, ciclo de alimentación corto, resistencia a las enfermedades y elevada fertilidad (Ctaqua, 2003). Debido a la creciente demanda de tilapia en los últimos años, tanto la cantidad como la buena calidad de los concentrados deben mejorarse para satisfacer las necesidades nutricionales de esta especie altamente valorada para la acuicultura. Es necesario la búsqueda de nuevos métodos para la alimentación del híbrido de tilapia roja y disminuir el impacto ambiental que han provocado los productos químicos y alimentos artificiales en el ambiente. Como una alternativa innovadora y ambientalmente amigable surgen las materias primas no convencionales que buscan un menor gasto energético evitando el estrés del animal y dejando a un lado la gran

cantidad de suministro de dietas inadecuadas para los peces. Así, la alimentación es el factor primordial en la producción de peces comerciales, donde no solo se tiene en cuenta el componente nutricional del alimento, sino el costo del mismo, en esta investigación, se compararon 3 dietas con ingredientes no convencionales, , harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), torta de soya (*Glycine max*) y harina de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) comparado a una dieta convencional que se denominó dieta control, se evaluó cual dieta proporcionó mejor rendimiento tanto nutritivo, productivo y económico. Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones del instituto técnico ITA VALSALICE, en la estación piscícola del centro agropecuario.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las producciones acuícolas, el mayor problema es el alto costo de las materias primas ricas en proteína considerada el ingrediente más costoso dentro de la dieta de los peces (Ayoola, 2011), la mayor fuente de esta ha sido la harina de pescado, esta además se caracteriza por un buen balance de ácidos grasos y aminoácidos esenciales cuyo precio es variable durante las etapas de producción (Mambrini & Kaushik, 1995). Las problemáticas identificadas en el sector rural de Fusagasugá y como se ve reflejado en el I.T.A VALSALICE, frente a la producción de tilapia *Oreochromis sp* son el alto costo y la dificultad de adquisición de los concentrados en esta región al igual, que las materias primas, no hay una disponibilidad constante y eso dificulta y encarece los costos para el productor. Adicionalmente, la contaminación provocada por alimentos artificiales convencionales genera un impacto ambiental en los cuerpos de agua, presentando consecuencias como intoxicación en especies endémicas de la región. Finalmente, el alza en los precios del dólar ha encarecido las materias primas en la alimentación de peces especialmente la harina de pescado, lo que agrava la situación de los productores piscícolas colombianos. Es fundamental investigar en nuevas fuentes alternativas nutricionales a la harina de pescado para así mejorar la rentabilidad y mantener estaciones piscícolas rentables con un costo beneficio lucrativo al productor. Implementando materias primas de origen vegetal, contribuyendo en minimizar la tasa de contaminación mediante fuentes ambientalmente amigables con el ecosistema acuático.

3. JUSTIFICACIÓN

La expansión rápida de la pesca exige un suministro adecuado de alimento para peces eficiente, nutritivo y económico, ya que la alimentación contribuye en gran medida al costo de la producción de pescado. La harina de pescado es la materia prima más utilizada para la alimentación de peces debido a que contiene entre un 60 y 70% de proteína bruta (PB) un poco menos de 10% de lípidos y minerales en torno de 13-15%, siendo una importante fuente de P y microminerales como el Zn, Mg, Se, Cu y Fe (Vásquez-Torres, 2004), pero debido a su alto costo se han desarrollado investigaciones para determinar nuevas alternativas nutricionales para disminuir el costo del concentrado para peces. Algunas de las materias primas no convencionales usadas en la alimentación de tilapias son; el ensilaje de las cabezas de camarones en polvo que contienen aproximadamente un 40% de proteína usándose como sustituto de la harina de pescado (Oliveira *et al.*, 2007), las semillas de *Jatropha platyphylla*, con una PB, que oscila entre el 70 y el 75% (Akinleye *et al.*, 2012), la vitamina E aumenta la capacidad antioxidante de los tejidos de tilapia contra la peroxidación lipídica. Un estudio del efecto de la inclusión de harina de pescado por otras fuentes alternativas nutricionales, daría como resultado información válida que determine su valor proteico y biodigestibilidad en tilapias. Así, es importante evaluar dietas novedosas incluyendo ingredientes no convencionales como harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), torta de soya (*Glycine max*) y harina de sachu inchi (*Plukenetia volubilis*).

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la inclusión de fuentes proteicas vegetales a la harina de pescado en el efecto de los parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva del híbrido de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Formular las dietas experimentales con fuentes proteicas vegetales
2. Determinar el efecto de la inclusión de fuentes proteicas vegetales en el consumo de materia seca, aprovechamiento nutritivo y digestibilidad aparente.
3. Comparar los parámetros de crecimiento en los diferentes niveles de inclusión de las fuentes vegetales en dietas para tilapia roja.
4. Establecer el beneficio económico de la inclusión de fuentes vegetales a la harina de pescado.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. Producción acuícola de la tilapia

La producción total de tilapia a nivel mundial fue de 5,7 millones de toneladas en el año 2015, representando un 7.4% de la producción de acuícola global, su crecimiento ha sido favorecido entre los periodos 1995 al 2015 en un 3,1 %, teniendo como referencia un 2,5% en el año 1995 (Miao, 2015). Los principales productores de tilapia (**Figura 1**) son; China (34,4%), Indonesia (21,6%), Egipto (16,92%), en producciones menores se encuentra Bangladesh (6,2 %), Viet Nam (5,47%), Filipinas (5,04%), Brasil (4,24%), Tailandia (3,44%), Taiwán (1,36%) y Colombia (1,18%) (Miao, 2015).

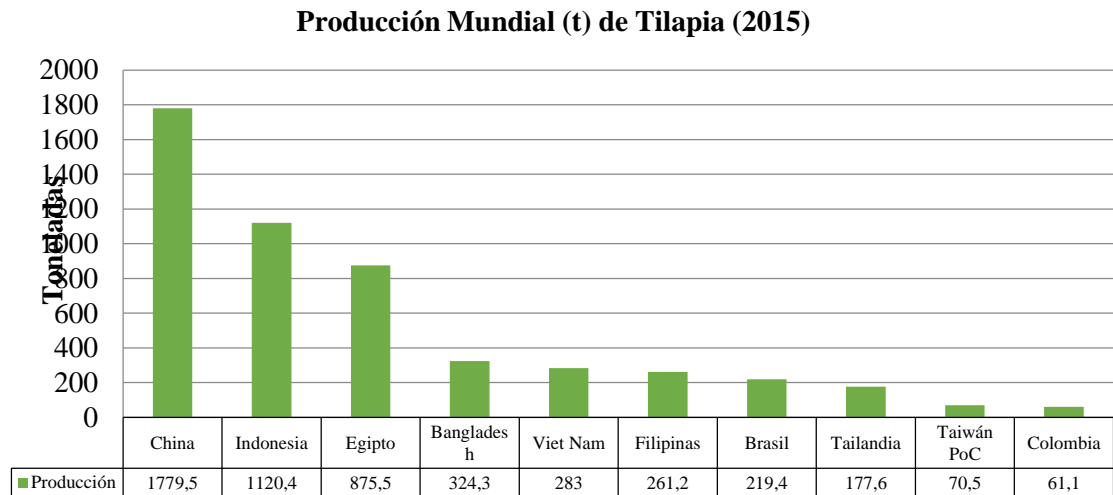


Figura 1. Países productores de tilapia a nivel mundial (valores expresados en t). Datos obtenidos por (Miao, 2015)

Se puede considerar, que en casi todos los países del mundo (**Figura 2**), producen tilapia por medio de la acuicultura. Manifestando mayor zona de pesca en África, seguido de América del norte, América del sur y el continente asiático (OPROMAR, 2018).

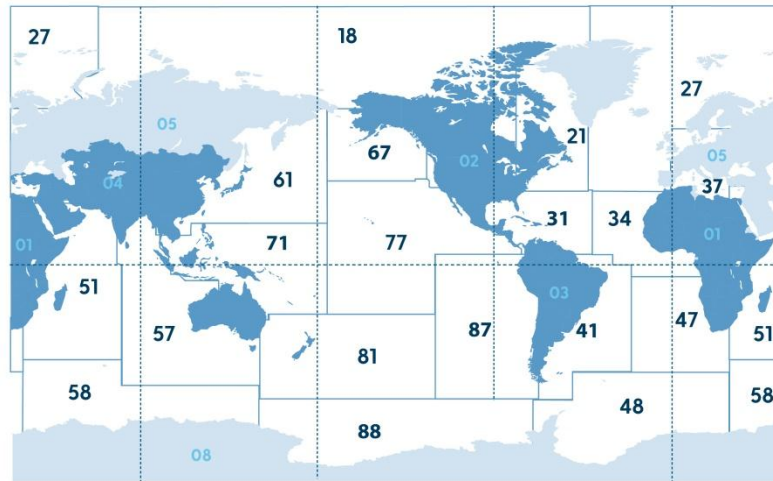


Figura 2. Distribución geográfica de la producción de tilapia (*Oreochromis*) a nivel mundial. Datos tomados de (OPROMAR, 2018)

5.2. Producción acuícola en Colombia

El desarrollo de la acuicultura en Colombia, ha tenido un gran crecimiento para el sector agropecuario, generando una producción de 170.000 toneladas en productos pesqueros y de acuicultura, para el en año 2016, se produjo 109.300 toneladas de especies exóticas como la tilapia, (*Oreochromis Sp*), Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) Camarón (*Macrobrachium rosenbergii*) y otras especies nativas como la cachama (*Colossoma macropomum*) y Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (MADR, 2017; Valencia, 2016)

Siendo una importante fuente proteica, representa un consumo per cápita de 6,7 kilos al año, un consumo bajo comparado con otras fuentes de origen animal, como es el caso de la carne de pollo con un 31,5 kilos al año, pese a las bajas tasas de consumo del país, se ha promovido en las últimas décadas un aumento en la demanda de pescado en el territorio nacional (AUNAP, 2016; FENAVI, 2017).

Entre los productos más demandados de la producción piscícola en Colombia, son Tilapia (*Oreochromis*) con 62%, Cachama (*Colossoma macropomum*) 20%, Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) 15% y otras especies 3% (MADR, 2017). En el caso del genero *Oreochromis* se presentan

dos especies para consumo, la tilapia *Nilotica* o mojarra plateada (*Oreochromis niloticus*) y el híbrido de tilapia roja o mojarra roja (*Oreochromis Sp*).

Distribución geográfica de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en Colombia

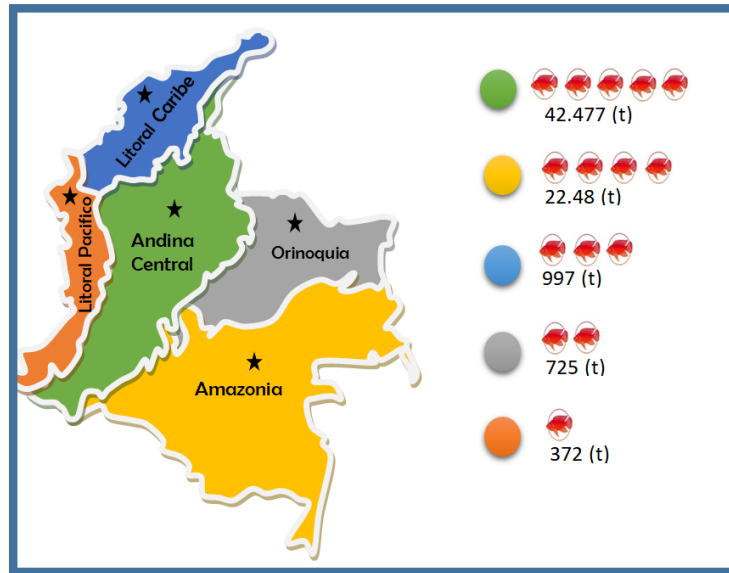


Figura 3. Volúmenes (t) comercialización de la tilapia en diferentes zonas geográficas de Colombia durante el periodo de julio a diciembre del 2016 datos tomados de (González *et al.*, 2016)

La comercialización de la tilapia roja, se distribuye en cada una de las zonas geográficas del país, siendo su principal área de comercialización la región Andina Central con un 42.477 toneladas (90,7%), seguido de la Amazonia (4,8%), litoral Caribe (2,1%), Orinoquia (1,5%) y la región Pacífica (0,79%), las variaciones en los diferentes puntos geográficos se deben principalmente a su cultura de consumo, ya que las regiones como Pacífico y Caribe se ve más enfocada en peces de agua marina como el jurel (*Caranx hipos*), Corvina (*Cynoscion albus*) y el pargo rojo (*Lutjanus peru*) (González *et al.*, 2016).

En caso de regiones como la Andina, Amazonia y Orinoquia ha fomentado su crecimiento en la producción de tilapia (**Figura 3**), considerándose importantes zonas geográficas de comercialización para el territorio nacional. Con referencia a lo anterior, el crecimiento de la comercialización de la tilapia, también se presenta un comercio internacional, bastante significativo en comparación con su producción y su consumo a nivel local.



Figura 4 Importaciones de Estados Unidos provenientes de Colombia (valores expresados en libras). Datos obtenidos de (USDA's, 2018)

La tilapia, presenta un notable crecimiento en el mercado en EEUU, donde se ha promovido un mayor volumen de importaciones de filete de tilapia, convirtiéndose en el segundo país abastecedor de filetes frescos con 13,877 libras, encabezando Honduras con 17,401 en año 2017 (**Figura 4**) (USDA's, 2018). La participación en Colombia ha pasado de ser del 11,24% (5.263 lb) en el 2012 a pasar al 24,15% (13,877 lb) en al año 2017, lo cual promueve un crecimiento medio anual del 13% (2,63 lb).

El sistema acuícola presenta una serie de problemáticas relacionadas con la alimentación y la nutrición de la tilapia, la carencia de materias primas alternativas a bajo costos y de alta disponibilidad en la región (Santamaria, 2013). La demanda de materias primas para alimentación animal, está enfocada fuentes tradicionales como es la soya y la harina de pescado, se han promovido en su consumo que incrementa los costos de fabricación (FAO, 2016). Por ende, nace la necesidad de buscar productos o subproductos con fuentes energéticas y proteicas de fácil acceso para la elaboración de concentrados artesanales que permitan cubrir con los requerimientos nutricionales en cada una de las etapas productivas de los animales.

5.3. Generalidades de la Tilapia Roja

La tilapia, es un pez teleósteo de la familia de los *Cichidae* endémico de África, el cual se ha distribuido en gran parte del mundo desde América hasta Asia y Europa. Se encuentra principalmente en áreas trópicas y subtropicales, las cuales son favorables para la reproducción y su crecimiento (Toledo & Capote, 2000). Se encuentran varias especies de las cuales se destacan la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilapia azul (*Oreochromis aureus*) y tilapia mossambicus (*Oreochromis mossambicus*). En el caso del híbrido de tilapia roja es el resultado del cruzamiento de las especies anteriormente descritas, por medio de una selección y mejoramiento genético se establecieron un grupo de genes característicos de la especie como lo son su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, variaciones de temperatura, cambios de salinidad y una coloración característica rojiza (Saavedra, 2006).

Dentro de sus características morfológicas, encontramos su cuerpo ligeramente comprimido y discoidal. La boca protráctil, generalmente ancha, bordeada con labios gruesos y mandíbulas con dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Presentan aletas pares e impares, las aletas pares se encuentran las aletas pectorales y ventrales; los impares están constituidos por las aletas dorsales, caudal y la anal (Saavedra, 2006).

Al ser una especie tropical, las temperaturas óptimas son 31 y 36 °C no superiores a 42 °C e inferiores a los 11-12 °C, entre rangos de pH entre 7 y 8, inferiores a los 5 ya dejan de comer, pero pueden tolerar aguas alcalinas de 11, en el caso del oxígeno disuelto son resistentes bajas concentraciones de 1mg/L, entre los rangos adecuados se encuentre en valores mayores de 2 o 3 mg/L (Saavedra, 2006; Torres & Hurtado, 2012).

5.4. Requerimientos de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

En su ambiente natural la tilapia roja, se alimenta de una amplia variedad de ítems, desde plancton, organismos bentónicos, invertebrados de la columna de agua, larvas de peces, detritus, materia orgánica en descomposición y demás. (Alicorp, 2004). Al poseer una gran variedad de organismo y microorganismos acuáticos que permite balacear su dieta durante todo su ciclo biológico. En el caso de sistemas de producción acuícola, requieren de conocer los requerimientos nutricionales de la especie, para formular dietas que permita cubrir con esas necesidades nutricionales en cada una de

sus etapas de producción (Clpos, 2007). Hay que tener en cuenta que sus requerimientos varían según la etapa de producción.

La tilapia necesita balance de proteínas, minerales, vitaminas y fuentes energéticas en cada una de sus etapas productivas, se nutre por medio del saco vitelino el cual se va reabsorbiendo al pasar a su fase larvaria, la cual inicia la alimentación donde requiere un gran aporte de proteína obtenida a partir de una productividad primaria del estanque como zooplancton mediante la filtración, al pasar a su fase de alevín ya son animales omnívoros que se alimentan de organismo acuáticos de su medio natural (zooplancton y fitoplancton) (Ctaqua, 2003; Torres & Hurtado, 2012). A continuación, se describe los requerimientos nutricionales de la tilapia.

5.4.1. Requerimientos de Proteína

Los requerimientos de proteína se han reportado en un rango de 28 a 45 %, según la fase de desarrollo biológico

Tabla 1. Requerimientos de proteína en cada una de las etapas de producción de la tilapia

Fase	Peso	Requerimientos (%)
Larva	-	45%
Alevines (I)	0,01-1	40%
Alevines (II)	1-10	35-40%
Juveniles	25-200	30-32%
Adultos	>200	28-30%

Datos tomados de (Ctaqua, 2003)

5.4.2. Requerimientos de aminoácidos

La tilapia requiere de 10 aminoácidos esenciales treonina, leucina, metionina, lisina, arginina, valina, isoleucina, triptófano, histidina y fenilalanina. Se recomienda una proporción de metionina y cisteína de 50:50 para mejorar el rendimiento de la tilapia (Ctaqua, 2003). Del mismo modo, la tilapia requiere aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, que puede ser atendido parcialmente por la tirosina (Torres & Hurtado, 2012).

5.4.3. Requerimientos de Energía

Las tilapias requieren de los ácidos grasos linoleico y el araquidónico presente en los aceites de origen vegetal. Los lípidos como fuente de energía de bajo costo y alto nivel energético mejoran la conversión alimenticia y estimulan el consumo de alimento mejorando la digestibilidad de alimentos vegetales en dietas para tilapia. No obstante, la tilapia no utiliza eficientemente los lípidos como fuente energética en niveles por encima de 5% de la dieta (Torres & Hurtado, 2012).

5.5. FUENTES PROTEICAS EN CONCENTRADOS

5.5.1. Harina De Pescado

La harina de pescado es la fuente proteica más utilizada en los piensos acuícolas, pues tiene un alto contenido en proteína, 65-75% PB, y su perfil de aminoácidos esenciales (AAE) es el más adecuado para la alimentación de los peces, presentando niveles altos de lisina y además de treonina y triptófano (Luchini & Wicki, 2007). Existen varios tipos de harinas de pescado, procedentes de pescado blanco, azul (clupéidos) y subproductos de la industria conservera. Estos productos se obtienen a partir de la pesca industrial, que se dedica a capturar especies pelágicas pequeñas, especialmente clupeidos (sardinas, arenques), lanzones (género *Ammodytes*) y capelin (*Mallotus villosus*), de bajo valor comercial (Sánchez *et al.*, 2009). En las últimas décadas, la producción de harina de pescado a nivel mundial ha aumentado su demanda, registrando una producción de 15,8 millones de toneladas en el año 2014 y continuando los mismos volúmenes en el 2015, este aumento ha generado incremento considerablemente su precio comercial. (FAO, 2016).

5.5.2. Uso de Materias Primas Alternativas No Convencionales

Las investigaciones acuícolas se están orientando a la búsqueda de sustitutos óptimos de las harinas y aceites de pescado. Para una adecuada selección de estos ingredientes se deben tener en cuenta los estándares de calidad nutricional (análisis bromatológicos), seguridad e inocuidad de las materias primas, la conversión alimenticia, rentabilidad y beneficio costo. Entre los ingredientes alternativos

más usados se encuentran proteínas y aceites vegetales, plantas acuáticas, subproductos animales y agroindustriales y levaduras fermentadas (González *et al.*, 2014).

5.5.3. Fuentes proteicas alternativas a la harina de pescado

Las fuentes proteicas alternativas se caracterizan por su producción continua y un precio más estable que la harina de pescado, estos ingredientes pueden ser de origen animal, bacteriano o vegetal y se ha demostrado que pueden contener altos niveles de proteína, energía, aminoácidos esenciales y microminerales, generalmente poseen una alta palatabilidad en peces (Sánchez *et al.*, 2009).

Estas materias primas alternativas se clasifican en:

- **Harinas de animales:** Harinas de sangre, huesos y plumas.
- **Proteínas de organismos celulares:** Levaduras, algas, bacterias y hongos.
- **Tortas o harinas desengrasadas:** Torta de soya y girasol, harina de colza, altramuza, lupino entre otras.
- **Concentrados proteicos:** Gluten de maíz, gluten de trigo, concentrados proteico de alfalfa, de arveja entre otros.
- **Mezclas vegetales:** Mezclas entre materias primas de origen animal y vegetal.

5.4.3.1 Harinas de origen animal

5.5.3.1. Harina de sangre

Es un subproducto resultante de la deshidratación y molido de sangre fresca de bovino. Se caracteriza por presentar un alto porcentaje en proteína bruta (mayor al 90%), alta digestibilidad proteica (90-99%) y un alto perfil de aminoácidos esenciales, aunque presenta alta proporción de leucina y baja de isoleucina (Allan *et al.*, 2000).

5.5.3.1.1. Harina de carne y huesos

El nivel de proteína de la harina de carne y huesos tiene una proteína promedio entre 51-60% y varía según el origen de la materia prima. Estas harinas presentan una menor digestibilidad y menor contenido de lisina en comparación con la harina de pescado. La sustitución de la harina de pescado se puede realizar del 100% (**Tabla 2**) en tilapia (*Oreochromis niloticus*), bajo una dieta que contenga 54.06% de harina de carne y hueso, 22.97% de salvado de arroz y 22.97% de harina de trigo, sin efectos adversos en el crecimiento y supervivencia de alevinos de tilapia (Siddika *et al.*, 2012).

5.5.3.1.2. Harina de plumas

Se obtiene a partir de la presión directa, secado y trituración de las plumas de pollos. Estas contienen en promedio 80% de proteína y es una fuente rica en cisteína pero deficiente en histidina, lisina, triptófano y metionina (Kaushik, Gouillou-Coustans, & Cho, 1998), una de las problemáticas que se observa es el pésimo equilibrio en aminoácidos esenciales, debido a que es deficiente en lisina, fenilalanina y triptófano (Torres, 2004). La sustitución de la harina de pescado se puede realizar con un 50% (**Tabla 2**) de sustitución para tilapia roja sin afectar ganancia de peso, conversión alimenticia y la relación proteica. (Peters *et al.*, 2004).

5.5.3.1.3. Ensilaje de pescado

Es un producto líquido pastoso, elaborado a partir de residuos de plantas pesqueras, para elaboración de concentrado para animales. Posee gran contenido de agua (60-80%) y variables de proteína (12-19%) (Parín & Zugarramurdi, 1994). Según los resultados de (Perea *et al.*, 2011) se puede incluir el 30% de ensilaje de pescado (**Tabla 2**), presentando resultados favorables en la ganancia de peso, incremento en talla y conversión alimenticia

Tabla 2. Resumen de la sustitución e inclusión de fuentes proteicas de origen animal alternativas a la harina de pescado en tilapia.

Fuente de origen animal	Especie	Nivel Proteín a bruta	Peso inicial (g)	Nivel de sustitución	% Harina de pescado	Autores
Harina de plumas	<i>(Oreochromis sp.)</i>	40%	1,5	50%	65%	(Peters <i>et al.</i> , 2004)
Ensilado de pescado	<i>(Oreochromis sp.)</i>	24%	132,37 ± 15,76	In:30%	0	(Perea <i>et al.</i> , 2011)
Harina de carne y hueso	<i>(Oreochromis niloticus)</i>	35%	0,011	100%	54%	(Siddika <i>et al.</i> , 2012)

5.5.3.2. Harinas de Origen Vegetal

Las harinas de origen vegetal han sido las nuevas materias primas empleadas en la nutrición acuícola como sustituto a la harina de pescado, debido a su gran disponibilidad en el medio y precios bajos, pero no todos los peces aceptan algunas especies como los cíclidos pueden aceptar el suministro de leguminosas, sin embargo, algunas materias primas, presentan compuestos anti nutricionales que afectan la calidad de la dieta. Aunque esto último presenta un inconveniente, con las técnicas actuales se ha ido eliminando, hasta la obtención de compuestos proteicos que además presenten adecuados perfiles de aminoácidos (Sánchez *et al.*, 2009).

5.5.3.3. Harina de soya (*Glycine max*)

Es la materia prima de origen vegetal más utilizada en la fabricación de concentrado para peces, permitiendo sustituir la harina de pescado, es la fuente de vegetal con unos niveles proteicos entre un 45-50%, son ricos en lisina, pero deficientes en metionina. Los resultados de (Siddika *et al.*,

2012) indicaron que por medio de dos dietas ricas en harina de soya extraída con solventes descascarada y harina prensado (**Tabla 3**), podrían remplazar totalmente la tasa de inclusión de Harina de pescado para tilapia.

5.5.3.4. Harina de lenteja de agua (*Lemna sp*)

Es una materia prima poco utilizada, es una planta acuática cuya reproducción es de manera acelerada hasta convertirse en invasora en algunos casos, posee una proteína del 30%, no se han reportado factores antinutricionales que puedan restringir su uso en la alimentación de peces. Según el autor (González *et al.*, 2013) se pueden incluir el 12% (**Tabla 3**), de harina de lenteja de agua (*Lemna sp*) en alevines de tilapia roja, permite alcanzar niveles de peso vivo, ganancia, consumo, conversión alimenticia y supervivencia similares a los obtenidos con el tratamiento control.

5.5.3.5. Harina de hojas de Moringa (*Moringa oleifera*)

La moringa es una especie planta la cual se posee gran importancia en la alimentación animal por sus contenidos de proteína, vitaminas y antioxidantes. La harina de hojas de moringa puede sustituir hasta un 20 % a la proteína de la harina de sardina (**Tabla 3**), sin afectar significativamente el crecimiento, factor de conversión alimenticia y supervivencia de juveniles de tilapia. (Rivas *et al.*, 2012).

5.5.3.6. Harina de Botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

Es una planta no leguminosa muy poco empleada en la fabricación de contratado, pero con gran aporte nutricional como lo reporta (Nieves *et al.*, 2011), con una proteína de 18,5%, fibra de 17% y grasa de 3%. Se ha reportado el rendimiento en tilapia nilótica una sustitución del 15% (Tabla 3) sin presentar resultados negativos en el crecimiento y la conversión alimenticia. (Contreras, 2012).

5.5.3.7. Harina de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)

La implementación del sachu inchi se puede emplear para la nutrición animal teniendo en cuenta que es una materia prima con elevado valor proteico. Los reporte de (Ruiz, *et al.* 2013) presentaron

un resultado de proteína de 59%, grasa 7,8, fibra 4,5 y ceniza 4,8 también se encontró similitud en los resultados de proteína y grasa del estudio realizado por (Betancourth, 2013) el cual tuvo un porcentaje de 59,1% proteína y grasa del 6,93%. Según los resultados obtenidos por (Miranda & Guerrero, 2015) , se puede sustituir la harina de pescado hasta el 10% de inclusión. (**Tabla 3**).

Tabla 3. Resumen de la sustitución e inclusión de fuentes proteicas de origen vegetal alternativas a la harina de pescado en tilapia.

Fuente vegetal	Especie	Nivel PB/EE	Peso inicial (g)	Nivel de sustitución	% Harina de pescado	Autores
Harina de lenteja de agua	<i>(Oreochromis sp.)</i>	30/5	1,3 a 1,5	12%	65	(González <i>et al.</i> , 2013)
Harina de hojas de moringa	<i>(Oreochromis sp.)</i>	35/5	8	20%	0	(Rivas <i>et al.</i> , 2012)
Harina de soya	<i>(Oreochromis sp.)</i>	32/5	4,8	100%	60	(Nguyen <i>et al.</i> , 2009)
		28/5	3,9	100%	60	(Nguyen <i>et al.</i> , 2009)
Harina de Sacha inchi	<i>(Oreochromis sp.)</i>	27/8	5,8	10%	30	(R. Miranda & Guerrero, 2015)
Harina de Botón de oro	<i>(Oreochromis niloticus.)</i>	24/2,5	203,1	15%	0	(Contreras, 2012)

5.4.3.3. Mezclas Vegetales

Se ha visto que la mayoría de las harinas y concentrados proteicos vegetales, son deficientes en algún o algunos aminoácidos esenciales y esto suele tener efectos adversos en el crecimiento y salud de los peces, lo cual ha llevado a algunos investigadores a probar con mezclas de harinas o concentrados vegetales, obteniendo tanto resultados positivos como adversos en las diferentes sustituciones (Sánchez *et al.*, 2009).

La sustitución de un 100% la harina de pescado por una mezcla de gluten de maíz, de trigo, guisante extrusado, harina de colza, harina de altramuz, en alevines de tilapia roja, ha obteniendo diferencias estadísticas entre tratamientos debido a la baja calidad del perfil de aminoácidos esenciales de los piensos, problemas de palatabilidad y la presencia de sustancias anti-nutricionales (Gómez Requeni *et al.*, 2003).

Tabla 4. Ventajas y desventajas de algunas fuentes proteicas vegetales

FUENTE VEGETAL	CONTENIDO PROTEICO/VENTAJAS	DESVENTAJAS	AUTORES
Torta de soya	45 – 50% PB. Rica en vitamina C, K tiamina y niacina, riboflavina y tocoferoles	Pobre en metionina y aminoácidos sulfurados.	(Nengas, <i>et al.</i> , 1999; Robaina, 1995)
Torta de Girasol	32 – 36% PB. Alto contenido en aminoácidos azufrados y triptófano. Buena palatabilidad, buena digestibilidad.	Alto contenido en fibra (23%). Deficiente en lisina. Anti nutrientes (compuestos fenólicos). Problemas de enranciamiento.	(Furuya, <i>et al.</i> , 2000; Tacon <i>et al.</i> , 1984)
Turtó de Girasol	45/20% PB. Bajo factores antinutricionales. Alto contenido en fibra y lignina	Deficiente en lisina, Anti nutrientes (compuestos fenólicos)	(Sánchez-Lozano, <i>et al.</i> , 2007)

Harina de Arroz	9 – 10% PB. Alto contenido de metionina y cisteína.	Deficiente en lisina. Presencia de ácidos fenólicos, flavonoides y taninos.	(Liti <i>et al.</i> , 2006)
Harina de Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>)	18-30% PB. Alto contenido leucina y valina.	Deficiente en cistina y metionina	(Macias & Martinez, 1997)
Harina de Sacha inchi (<i>Plukenetia volubilis</i>)	40-60 % PB. Alto contenido en leucina y tirosina.	Deficiente en cistina, metionina e histidina	(Castaño <i>et al.</i> , 2012)

5.6. Digestibilidad Aparente

La digestibilidad, constituye una excelente medida de calidad para cuantificar el valor nutricional de las materias primas utilizadas en la alimentación acuícola, ya que no basta que los elementos nutricionales se encuentren en altos porcentajes en los alimentos, sino, que deben ser digeribles para que puedan ser asimilados por los peces. (Cho, 1987).

La necesidad de herramientas confiables para estudiar la utilización de ingredientes lleva al desarrollo de varios métodos para entender el grado en que los nutrientes son absorbidos, incluidas las mediciones de digestibilidad aparente de los nutrientes.

La utilización de componentes indigestibles en la dieta o la adición de marcadores indigestibles externos, eliminan la necesidad de una recolección cuantitativa de heces, pero requiere de una cantidad representativa de estas mismas. (Vandenberg & Noue, 2001).

Un marcador inerte debe cumplir con los requisitos básicos que son:

- 1) Debe tener la capacidad de ser incluido en un alimento de forma homogénea y debe ser fácil de determinar en laboratorio cuando está presente en bajas concentraciones.
- 2) Debe ser indigestible y no afectar el metabolismo del animal.
- 3) Debe ser higiénico y amigable con el medio ambiente (Austreng *et al.* , 2000)

El marcador inerte más usado en estudios de digestibilidad en peces es el Óxido de Cromo (Cr_2O_3), (Glencross *et al.*, 2003; Vandenberg & Noue, 2001).

Para determinar la digestibilidad aparente en peces, las dificultades más serias en los métodos señalados, es la recolección representativa de las heces de los peces. Varias técnicas han sido propuestas entre ellas podemos mencionar las siguientes:

- Presión abdominal, (Nose T, 1967)
- Succión anal, (Windell *et al.*, 1978)
- Disección, (Phillips *et al.*, 1948)
- Cámaras metabólicas, (Post *et al.*, 1965)
- Decantación de las heces, (Cho & Slinger, 1979)
- Filtración continua del agua desde los estanques de peces, (Ogino C *et al.*, 1973)
- Cinta transportadora mecánica de material fecal, (Choubert *et al.*, 1979)

Para la evaluación de esta prueba se utilizó el método de presión abdominal o striping, y succión anal.

6. MARCO LEGAL

Las principales normas que rigen a la pesca y la acuicultura, se establecen en la ley 13/90 y el decreto reglamentario 2256/91, en los cuales transmiten los permisos de cultivo (producción, procesamiento y comercialización) o licencias de funcionamiento que expide la autoridad competente para su ejercicio, el INCODER, a través de la Subgerencia de Pesca y Acuicultura, por medio de la oficina de registro y control. En el aspecto ambiental, el permiso de concesión de aguas y la presentación de planes de manejo ambiental, son exigidos por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), en forma directa o a través del cumplimiento de las guías ambientales. Actualmente se están realizando las de piscicultura, con el apoyo de los consejos regionales de las cadenas productivas, con lo cual se persigue que la actividad se realice en forma armónica con el medio ambiente y se busque la sustentabilidad ambiental.

En los departamentos y municipios del país se han realizado los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) en los que se han determinado las actividades económicas importantes. En algunos de estos Planes se tiene a la acuicultura como una actividad importante para el desarrollo de la región. El Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - INVIMA, es la entidad dependiente del Ministerio de Salud a quien corresponde velar por la inocuidad de los productos alimenticios en general.

Resolución 2287 de 2015. Otorga los objetivos institucionales de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP, 2015).

Decreto 4181 de 2011. La (AUNAP, 2011), tiene la autoridad pesquera y acuícola de Colombia, para lo cual adelantará los procesos de planificación, investigación, ordenamiento, fomento, regulación, registro, información, inspección, vigilancia y control de las actividades de pesca y acuicultura, aplicando las sanciones a que haya lugar, dentro de una política de fomento y desarrollo sostenible de estos recursos.

Artículo 41 de la Ley 13 de 1990. Establece que se entiende por acuicultura el cultivo de especies hidrobiológicas mediante técnicas apropiadas en ambientes naturales o artificiales y, generalmente, bajo control (Congreso de Republica, 1990).

Artículo 2.16.4.2.1 y el decreto 1071 de 2015. Establece que: “La Autoridad Nacional de Acuicultura, podrá declarar como domesticadas para el desarrollo de la actividad de la acuicultura, mediante acto administrativo fundado en consideraciones técnicas, las especies de peces que hayan sido introducidas al territorio nacional, sin perjuicio las normas legales vigentes sobre bioseguridad, salud pública y sanidad ambiental (MADR, 2017).

7. MATERIALES Y METODOS

7.1. Área de estudio

La Estación de Fomento y Extensión Piscícola, está localizada en el Instituto Técnico Agrícola (ITA) Salesiano Valsalice, en la Vereda Usatama, en la zona rural del Municipio de Fusagasugá, Provincia del Sumapaz, Departamento de Cundinamarca COLOMBIA. Aproximadamente a 48 kilómetros al suroccidente de la ciudad de Santafé de Bogotá y a un kilómetro al sur de la cabecera municipal de Silvania. En las coordenadas 04° 21' latitud norte y 74° 26' longitud oeste. El ITA, está localizado sobre la carretera central de occidente (Bogotá - Ibagué - Cali - Buenaventura), principal arteria de transporte terrestre del país.

El ITA VALSALICE, se asienta en las estribaciones de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos y de acuerdo a la zonación agroclimática de referencia, la región corresponde a un clima de sabana tropical típico de la región centroccidental de la cuenca del Río Sumapáz, comprende los municipios de Tibacuy, Silvania, Pandi y el norte del Municipio de Fusagasugá. La Estación está ubicada a una altura de 1450 m.s.n.m. y presenta una temperatura media mensual de 19.4°C. Las variaciones más importantes de temperatura atmosférica son las diarias con fluctuaciones bastante amplias (14,5 a 29,7 ° C). La precipitación oscila ente 43 mm. y 171 mm. En los meses más secos y húmedos respectivamente, con un total medio anual de 1247.4 mm. La evapotranspiración posee valores mensuales promedios de 1.337,8 mm., la distribución de la precipitación es bimodal con dos períodos secos marcados, uno en enero y el otro en julio y agosto; las dos épocas lluviosas se presentan en marzo-abril y en octubre y noviembre. El promedio anual de insolación es de aproximadamente 1.700 horas y el promedio diario es de 4,66 horas.



Figura 5. Estación piscícola VALSALICE. Fotografía tomada por Nury Sánchez

7.1.1. Elementos del sistema

7.1.1.1. Estanques

Se utilizaron dos (2) estanques de 300 m² de espejo de agua fertilizada, donde fueron instaladas 12 jaulas, seis (6) por estanque, se anclaron en el fondo de los estanques para fijarlas y no ser arrastradas por el viento o corriente, las instalaciones están ubicadas en la estación piscícola del instituto ITA VALSALICE, de la comunidad salesiana, en el municipio de Silvania Cundinamarca.

7.1.1.2. Jaulas

Se fabricaron en total 12 jaulas de 10,8 m³ (3x2x1,8), con anejo gris de fibra de vidrio con diámetro de hueco por pulgada de 18 X 14, y ancladas con varas bambú en el suelo del estanque (**Figura 6**), con una densidad de siembra de 20 animales por jaula. Se administró desde el inicio, el alimento experimental a saciedad aparente, dos veces al día de lunes a viernes y sábado una sola ración durante 126 días.



Figura 6. Fabricación y anclaje de las Jaulas flotantes

7.1.1.3. Sistema de canaletas y aireación

La red de canaletas que recorre la instalación está diseñada para conducir el agua que se vierte desde el río Chocho y llega a la estación piscícola, las canaletas son de hormigón y están situadas a ras de suelo y protegidas por rejillas. Cada estanque, cuenta con un sistema de aireación derivado por canaletas y tubos de PVC que entran directamente por caída al sistema de alimentación de aguas al estanque.

7.1.2. Diseño experimental

7.1.2.1. Condiciones iniciales de las tilapias

Para el estudio de esta investigación, se emplearon 240 alevines machos del híbrido tilapia roja (*Oreochromis sp.*) procedentes de San Cristóbal (Meta), con un peso medio inicial de 7g. Las tilapias fueron aclimatadas y alimentadas con concentrado comercial durante 15 días, en este orden, los peces fueron pesados y distribuidos al azar, 20 animales en cada jaula anclada a los estanques en tierra, al inicio de la prueba se analizó la composición corporal en el musculo de los peces, dadas las condiciones que anteceden, las dietas diseñadas se ensayaron por triplicado, la alimentación se

realizó a saciedad aparente, dos veces al día (mañana y tarde), seis días por semana, aunque los sábados se alimentó mediante una única toma matinal, siempre pesándose los botes que contenían las dietas al final de la jornada para conocer la ingesta diaria de cada una de los animales levantados en las jaula.

7.2. Análisis de las materias primas

Se realizaron los análisis bromatológicos de las materias primas harina botón de oro (*Tithonia diversifolia*), torta de soya (*Glycine max*) y harina de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), con el fin, de determinar el contenido de materia seca, cenizas, proteína bruta y grasa bruta, siguiendo la metodología propuesta por la AOAC, los ingredientes utilizados en la composición y análisis proximales de las dietas experimentales, se relacionan con la (Tabla 5).

Tabla 5. Composición proximal de las dietas experimentales (g/100g de muestra).

%	PB	EE	CHO	FB*	CE	ED
H. Pescado	45	6	35	4	10	15.510,0
Torta Soya	48	2,2	31,66	12,14	6	14.473,2
H. Botón Oro	18,6	3,97	67,84	3,3	6,29	13.154,6
H. Sacha Inchi	42,52	33,74	7,02	12,24	4,48	21.010,9
H. Trigo	9,02	2,13	84,06	3,25	1,54	12.433,8

PB: Proteína bruta; EE: Extracto Etéreo; CHO: Carbohidratos; FB: Fibra Bruta; CE: Ceniza; ED: Energía Digestible.

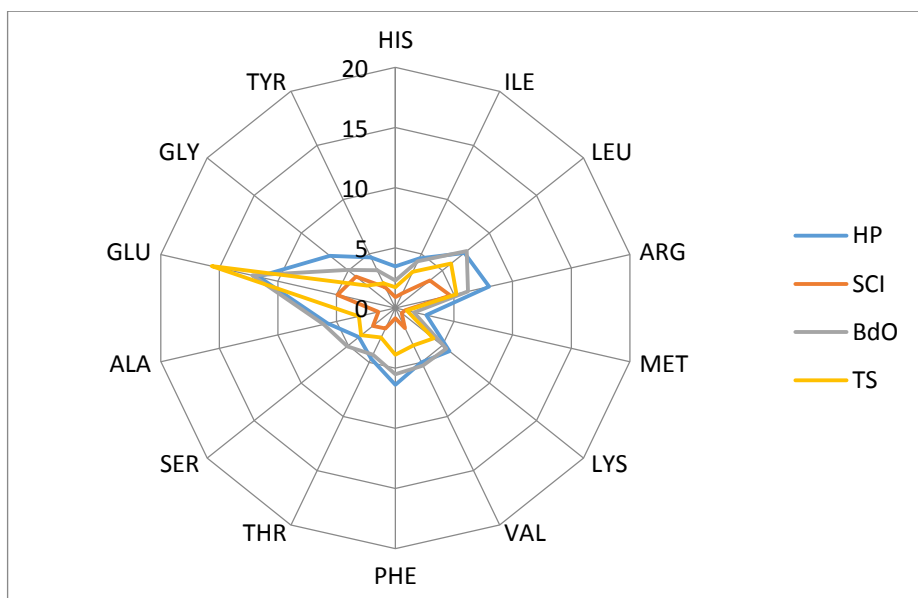
De igual manera, se relaciona el perfil aminoacídico de las materias primas utilizadas en esta investigación.

Tabla 6. Composición aminoácidos (A.A), materias primas en (g/100g).

Aminoácidos	HP	SCI	BdO	TS
His	3,45	0,90	2,3	1,72
Ile	4,59	1,36	4,3	3,34
Leu	7,35	3,67	7,6	5,92
Arg	8,01	4,69	6,2	5,21
Met	2,65	0,86	1,6	0,99
Lys	5,75	0,69	5,4	4,06
Val	5,01	1,86	5,3	3,45
Phe	6,39	0,86	5,5	3,87
Thr	4,67	1,90	4,3	2,72
Ser	3,87	2,38	5,1	3,64
Ala	5,78	1,45	6,1	3,11
Glu	11,67	4,92	12,2	15,64
Gly	6,96	4,19	5,1	3
Tyr	4,67	1,92	3,5	2,28

Datos tomados de (Deng *et al.*, 2006); (Fasuyi & Ibitayo, 2011); (Sánchez *et al.*, 2009); (Maskařová *et al.*, 2014); **HP:** Harina de Pescado; **SCI:** Harina de Sacha Ichi; **BdO** : Harina de Botón Oro ; **TS:** Torta de Soya; **His:** Histidina; **Ile:** Isoleucina; **Leu:** Leucina; **Arg:** Arginina; **Met:** Metionina; **Lys:** Lisina; **Val:** Valina; **Phe:** Fenilalanina; **Thr:** Treonina; **Cys:** Cisteina; **Ser:** Serina; **Ala:** Alanina; **Pro:** Prolina; **Glu:** Glutamina; **Asp:** Ácido aspártico; **Gly:** Glicina; **Tyr:** Tirosina.

Figura 7. Perfil aminoacídico de las materias primas



Datos tomados de (Deng *et al.*, 2006); (Fasuyi & Ibitayo, 2011); (Sánchez *et al.*, 2009); (Maskal'ová *et al.*, 2014); **HP:** Harina de Pescado; **SCI:** Harina de Sacha Ichi; **BdO :** Harina de Botón Oro ; **TS:** Torta de Soya; **His:** Histidina; **Ile:** Isoleucina; **Leu:** Leucina; **Arg:** Arginina; **Met:** Metionina; **Lys:** Lisina; **Val:** Valina; **Phe:** Fenilalanina; **Thr:** Treonina; **Cys:** Cisteina; **Ser:** Serina; **Ala:** Alanina; **Pro:** Prolina; **Glu:** Glutamina; **Asp:** Ácido aspártico; **Gly:** Glicina; **Tyr:** Tirosina.

7.3. Formulación de las dietas experimentales

Las dietas experimentales utilizadas en esta investigación, fueron formuladas, diseñadas y elaboradas en las instalaciones del instituto ITA VALSALICE, donde las materias primas utilizadas, harina de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), torta de soya (*Glycine max*) y harina de sachu inchi (*Plukenetia volubilis*), fueron pesadas individualmente, cada uno de los ingredientes, en materia seca, (harinas, vitaminas) y aceites, posteriormente, se realizó una molienda, con un molino manual, y se procedió a realizar un premezclado en una mezcladora, exceptuando las vitaminas que se adicionaron posteriormente para evitar pérdidas, cuando ya los ingredientes estuvieron homogenizados, se le adicionó las vitaminas y el aceite.

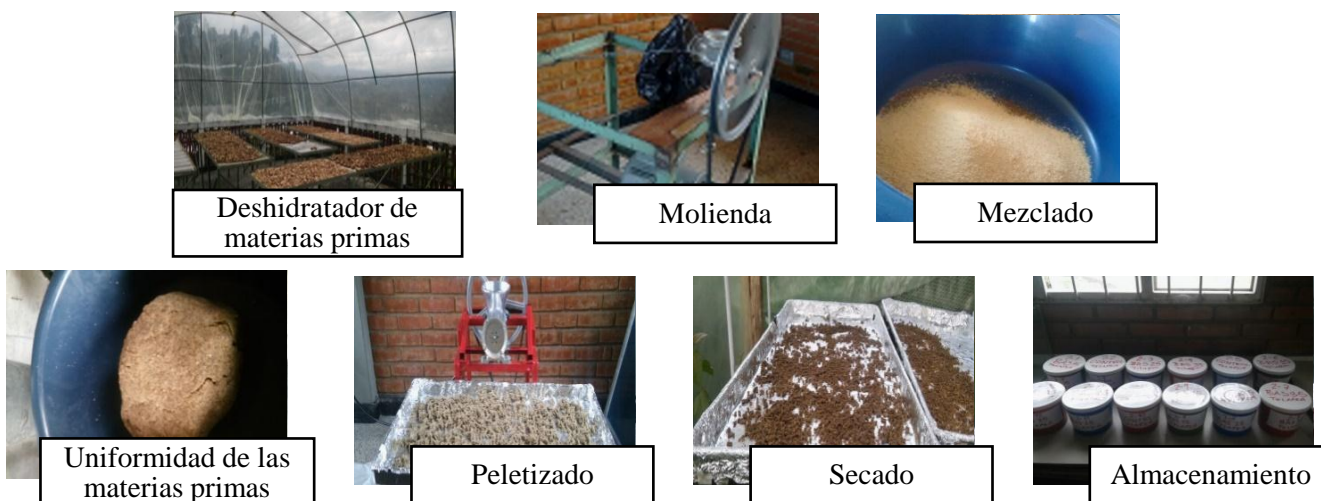
Tabla 7. Ingredientes de las dietas experimentales, donde podemos observar los niveles de inclusión de las materias primas vegetales.

Tratamiento	CONTROL	BAS-15	BAS-25	BAS-35
Ingredientes (g/Kg)				
Harina de pescado	300	250	220	190
Torta de Soya	600-545	520	450	400
Harina de Sacha Inchi	0	100	180	250
Harina Botón de Oro	0	50	70	100
Trigo	35	35	10	10
Aceite de Sacha Inchi	10	10	15	20
Malto Dextrina	70	60	60	40
Vitaminas ¹	10	10	10	10
Composición (%MS)				
Cenizas	6,3	6,3	6,3	6,3
PB	45,2	40,2	40,2	40,2
GB	6,5	10,0	10,0	10,0
FB	4,3	8,2	8,5	8,6
EB (MJ Kg ⁻¹)	15.571,1	15.584,6	15.569,8	15.558,6

¹Vitaminas: A: 10000 UI/Kg; D₃: 3000 UI/Kg; E: 120 mg; K₃: 10 mg; B₁: 25 mg; B₂: 25 mg; B₆: 16.5 mg; B₁₂: 0.03 mg; H: 0.76 mg; Ácido Pantoténico: 80 mg; Ácido Nicotínico: 150 mg; Ácido Fólico: 7.5 mg; Inositol: 75 mg; PB: Proteína bruta; GB: Grasa Bruta; FB: Fibra Bruta; EB: Energía Metabolizaste.

Los ingredientes se mezclaron correctamente y se obtuvo una masa con una textura adecuada, se emplea un molino de carne eléctrico (Motors hp) para obtener el pelet, con unas inclusiones de un 15% 25% y 35% de la mezcla vegetal a la harina de pescado, luego se deja secar, se libera el agua contenida y posteriormente se almacenan en tarros plásticos, todos los días se alimentaron los peces a las 9:00 y a las 14:00 horas, se elaboraron 3 tipos de dietas con diferentes niveles inclusión de la mezcla vegetal harina de botón de oro, harina de sachu inchi, y torta de soya, que fueron denominadas, BAS-15, BAS-25 y BAS-35% respectivamente. Se utilizó, una dieta control como base de comparación de resultados frente al resto de ensayos (**Tabla 7**).

Figura 8.Diagrama de flujo: elaboración de las dietas experimentales



Fotografía tomada por el autor: Diagrama elaboración de dietas artesanales

Tabla 8. Composición corporal de los peces al inicio del experimento (g/100g).

COMPOSICIÓN CORPORAL DE LA TILAPIA ROJA			
MS	CEN	PB	GB
78,41	1,17	17,33	2,99

Datos realizados en el laboratorio de la Universidad de Cundinamarca. MS: Materia seca; CEN: Cenizas; PB: Proteína bruta; GB: Grasa bruta

El estudio se realizó durante 126 días, desde el inicio del experimento se evaluó el crecimiento de los animales experimentales, controlados mediante muestreos cada 20 días, al inicio y final del experimento, se seleccionaron al azar 5 peces, de cada jaula, que sirvieron como muestras iniciales y finales para realizar las respectivas biometrías.

7.3.1. Rutina de trabajo

La finalidad de la rutina diaria de trabajo fue asegurar en todo momento el correcto funcionamiento de los estanques donde se anclaron las jaulas, las labores y acciones que se detallan a continuación, se procuró atender el bienestar de los animales y la adecuada calidad del agua, así como el control de todos los elementos que conformaban el sistema.

7.3.2. Control de calidad del agua (Parámetros físico-químicos)

Los parámetros fisicoquímicos del agua, fueron tomados una vez por cada dos semanas, para asegurar las condiciones de calidad y bienestar de los animales experimentales, utilizando el equipo HACH FF- 1 A (243002) con medición de los parámetros por medio de reactivos y discos de color para evaluación de los siguientes parámetros:

Oxígeno disuelto: Medido con titulación empleando papeletas de oxígeno disuelto tipo 1,2,3 hasta que la coloración cambie de amarillo marrón a amarillo claro y con una solución de Tiosulfato de sodio, continúe su variación de azul o incoloro, el número de gotas de la solución titulador se multiplica por 0,2 para obtener el resultado mg/l.

pH: Determinado a partir de solución indicador pH y test colorimétrico

Nitritos y amonio: Calculados a partir del reactivo de nitrito NitriVer 3 y test colorímetro.

Los parámetros evaluados se compararon con los rangos establecidos en Fish Farming Water Quality Test Kit del 2017 (Hach, 2017).

En la siguiente tabla se muestran los valores medios de los parámetros controlados durante la fase experimental del estudio.

Tabla 9. Valores medios de los parámetros físico-químicos del agua.

Amonio (mg/l)	0
Nitritos (mg/l)	0
Oxígeno (mg/O₂)	16,7
Temperatura (°C)	21,7
pH	7

Figura 9. Diagrama metodológico experimental



MP: Materia Prima. Fotografías tomadas por el autor

7.3.3. Alimentación

Los animales se alimentaron a saciedad aparente, dos veces al día (mañana y tarde), seis días por semana. Los sábados se distribuyó una única toma matinal. Los botes que contenían las dietas se pesaron al final de la jornada para conocer la ingesta diaria de cada tratamiento en de cada una de las jaulas.

7.3.4. Control de crecimiento

Cada 20 días se realizó un control de peso (muestreo) para conocer la evolución del crecimiento de los animales. Para ello, los peces ayunaban las 24 horas anteriores al muestreo, se extraían 10 peces de cada jaula y eran pesados y medidos individualmente mediante un ictiometro y balanza analítica. Una vez pesados, se devolvían a sus respectivas jaulas para continuar con el experimento.

Los parámetros zootécnicos de crecimiento y eficiencia nutritiva expuestos en la presente investigación se obtuvieron mediante las siguientes expresiones:

Tasa de crecimiento instantáneo (%/día):

$$TCI = \frac{\ln (\text{Peso medio final} - \ln (\text{Peso medio Inicial}))}{\text{Tiempo}} \times 100$$

Índice de conversión del alimento:

$$\text{ICA} = \frac{\text{Ingesta Total}}{\text{Biomasa (final)} - \text{Biomasa (Inicial)}}$$

Tasa de alimentación diaria (%/d):

$$\text{TAD} = \frac{\text{Ingesta Total}}{\frac{(\text{Biomasa (final)} - \text{Biomasa inicial})}{2 \times \text{Tiempo}}}$$

7.3.5. Controles finales (Biometrías e índices biométricos)

Al comienzo y final del experimento, se tomaron al azar cinco peces de cada jaula. Éstas se reservaron para los análisis biométricos posteriores que determinarían las características fisiológicas y parámetros corporales de las tilapias, tanto al inicio como al final del ensayo.

Los parámetros que fueron medidos durante la realización de los análisis biométricos de los peces se detallan a continuación.

Longitud total (cm): medida desde el extremo de la mandíbula hasta el extremo de los radios de la aleta caudal.

Longitud estándar (cm): Medida desde el extremo de la mandíbula hasta extremo del pedicelo caudal.

Peso total (g): peso individual de cada animal entero, tras su sacrificio.

Peso de la canal (g): peso individual de cada animal tras haberle extraído todo el contenido visceral.

Peso visceral (g): peso del contenido visceral del animal (hígado, digestivo, grasa visceral, corazón, gónadas y bazo).

Peso del hígado (g): peso del hígado entero y la vesícula biliar.

Peso de la grasa visceral (g): peso de la grasa mesentérica alojada en la cavidad abdominal del individuo.



Figura 10. Disección del híbrido de tilapia roja.

Realizadas las biometrías y conocidos todos los parámetros anteriores, se procedió al cálculo de los índices biométricos, obtenidos mediante las siguientes expresiones:

Factor de condición

$$FC = \frac{\text{Peso Total (g)}}{\text{Longitud total (cm)}}$$

Índice hepatosomático:

$$\text{IHS} = \frac{\text{Peso Hígado (g)}}{\text{Peso total (g)}} \times 100$$

Índice viscerosomático

$$\text{IVS} = \frac{\text{Peso vísceras (g)}}{\text{Peso total (g)}} \times 100$$

Índice de grasa visceral

$$\text{IGV} = \frac{\text{Peso grasa mesentérica (g)}}{\text{Peso total (g)}} \times 100$$

7.3.6. MÉTODOS ANALÍTICOS

7.3.6.1. Determinación de la materia seca

El método empleado para determinación de materia seca, es el método proximal de Weende. sometiendo la muestra a una temperatura de 105 °C por 24 horas en el horno (BINDER) (Figura 12), hasta que estuvieron libres de humedad. Posteriormente se pasaron al desecador (Figura 12). Una vez frío se pesaron y se registraron los pesos.



Figura 11. Desecador y Horno. Fotografías tomadas por Autor

7.3.6.1.1. Cálculos

W_1 = Peso del crisol

W_2 = Peso del crisol con la muestra

W_3 = Peso del crisol con la muestra desecada

MS = Materia seca

$$\% MS = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

7.3.6.2. Determinación de las cenizas

Método empleado Análisis químico proximal de Weende. Una vez obtenida la materia seca, se procedió a llevar el crisol al horno a calcinar a una temperatura de 600°C por una hora en la mufla incineración (**Figura 13**), finalmente se procedió a pesarlos y se registraron los pesos obtenidos.



Figura 12. Mufla de incineración. Fotografía tomada por el autor

7.3.6.2.1. Cálculos

W_1 = Peso del crisol

W_2 = Peso del crisol con la muestra

W_3 = Peso del crisol con las cenizas

$$\% CZ = \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

7.3.6.3. Determinación de la grasa bruta

El método empleado fue el Van Soest determinación de extracto Etéreo. Mediante el aparato extractor Goldfish (Figura 14).



Figura 13. Extractor de Goldfish

7.3.6.3.1. Cálculos

W_m = Peso de la muestra

W_1 = peso del vaso receptor de aluminio

W_2 = peso del vaso receptor con el extracto graso

GB = grasa bruta

$$\% GB = \frac{W_2 - W_1}{W_m} \times 100$$

7.3.6.4. Determinación de fibra

Se realizó un análisis químico proximal de Weende, empleando un procedimiento de digestión acida, digestión alcalina, secado y calcinación.

7.3.6.4.2. Cálculos

W_1 = Residuo seco de la digestión

W_2 = Peso del Residuo secado

$$\% FC = \frac{W_{\text{papel filtro seco con residuo}} - W_{\text{papel filtro}}}{W_2 - W_1} \times 100$$

7.3.6.5. Determinación de la proteína bruta

La determinación de la proteína bruta se realizó siguiendo la técnica analítica basada en el método *Kjeldhal*. Utilizando tres procedimientos: digestión, destilación y titulación (**Figura 15**).

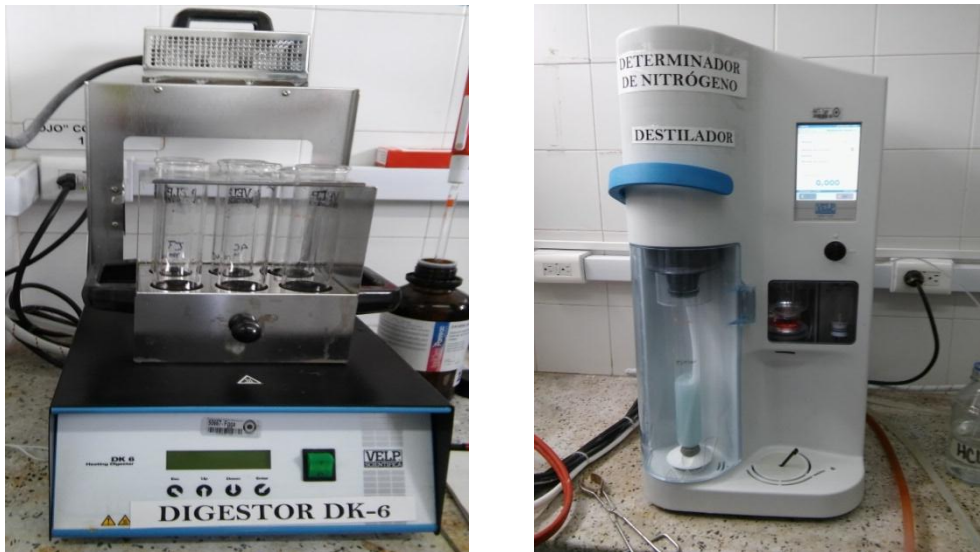


Figura 14. Digester y la unidad automática destiladora

7.3.6.5.1. Cálculos

A = peso de la muestra

B = mililitros gastados de HCl (valor leído en la unidad de destilación)

f = factor del HCl

PB = proteína bruta

$$\% NT = \frac{(V_{HCL} - 0,19) \times 0,1994 \times 0,014}{W_m} \times 100$$

$$\% PC = NT \times \left(\frac{100}{16}\right)$$

7.3.7. ANÁLISIS DE DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad aparente en esta investigación, fue realizada con 230 peces, con un peso medio de 150g, distribuidos en cuatro jaulas, se usaron las tres dietas experimentales agregándole cromo (10g x Kg⁻¹) como marcador inerte, comparadas con la dieta control, los animales fueron alimentados a saciedad aparente, nueve (9) horas previas a la extracción de heces por el método de masaje abdominal y succión anal. Debido a que no hubo replicas en el experimento, no se pudo realizar la estadística de la digestibilidad de las dietas experimentales.

7.3.7.1. Determinación de la Digestibilidad

Para efectos de medir el coeficiente de digestibilidad aparente de las dietas artesanales, se adicionó un 1% de Oxido de Cromo III (Cr₂O₃), en el momento de elaborar las dietas. La incorporación del Cr₂O₃ se hizo en conjunto con la adición de lípidos en el alimento, el análisis de digestibilidad se determinó por la metodología de Kjeldahl. Una vez terminado el experimento a los 126 días, se inició la evaluación de la digestibilidad aparente de las dietas con los niveles de inclusión del (15%

25% y 35%), de las fuentes proteicas vegetales, comparados con el concentrado comercial denominado control, antes de que los peces fuesen alimentados con las dietas experimentales, los animales se dejaron en ayuno por dos días, luego fueron alimentados a saciedad a las 07:00 horas, pasadas nueve horas de la ingesta, se procede a la extracción de heces por masaje abdominal (striping), tres veces a la semana, las heces fueron colectadas por un periodo de 40 días, y se almacenaron refrigeradas para los posteriores análisis, el contenido de las heces húmedas colectadas se deshidrataron a 60 °C durante 48 horas, y se procede a realizar los análisis de proteína, extracto etéreo y cenizas.

7.3.7.1.1. Metodología

La composición proximal de las heces fue determinada según la metodología patrón descritas por la AOAC, 1995, la materia seca (MS), se determinó por secado hasta la obtención de peso constante en un horno (BINDER), a una temperatura de 105°C durante 12 horas. El porcentaje de cenizas se determinó por incineración de las muestras secas en la mufla a una temperatura de 550°C durante 6 horas, el contenido de lípidos por extracción de (Soxhlet) con éter de petróleo a una temperatura de 40-60°C por un periodo de 10 horas. El porcentaje de nitrógeno por el método de Kjeldahl y posterior cálculo de la proteína bruta (PB), (%N*6,25). La energía bruta (EB) fue determinada utilizando bomba calorimétrica. Para la determinación del Óxido crómico en las dietas experimentales y heces se utilizó el método de digestión con ácido nítrico y perclórico, con lectura en espectrofotómetro.

7.3.7.1.2. Cálculos

Para medir los índices de digestibilidad aparente se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$CDA_{Nut}(\%) = 100 - \left(100 \times \left(\frac{\% Cr_2O_3d}{\% Cr_2O_3h} \times \frac{\% Nuth}{\% Nutd} \right) \right)$$

Dónde:

CDA_{Nut} = Coeficiente de digestibilidad aparente del Nutriente;

$\% Cr_2O_3d$ = Porcentaje de óxido de cromo de la dieta;

$\% Cr_2O_3h$ = Porcentaje del nutriente en las heces;

$\%Nut$ = Porcentaje del nutriente en las heces;

$\%Nutd$ = Porcentaje del nutriente en la dieta;

$$CDA_{MP}(\%) = CDA_{Nutde} + [CDA_{Nutde} - CDA_{Nuds}] * \frac{x * D_{ds}}{Y * D_{ing}}$$

Dónde:

$CDA_{MP}(\%)$ = Coeficiente de digestibilidad aparente del nutriente de la Materia Prima;

$CDA_{Nutde}(\%)$ = Coeficiente de digestibilidad aparente del nutriente en la dieta experimental;

$D_{ds}(\%)$ = % del nutriente en la dieta referencia;

X = Proporción de la dieta referencia (69.5%);

Y = Proporción de la materia prima (30%);

Cálculos tomados de (Nose T, 1996) **y** (Bureau *et al.* , 1999)

7.4. Análisis estadístico

Para estudiar las diferencias existentes entre las variables paramétricas de los tratamientos aplicados, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), empleando el test de Tukey para la comparación de medias individuales. Los datos son expresados como la media \pm ES (error estándar de la media). La inferencia se realizó con un error del 0.05, o lo que es lo mismo, con un intervalo de confianza del 95 %. Con el programa estadístico infostat versión 1.2 del 2017.

7.4.1. Análisis económico

Se utilizó un análisis de presupuesto parcial, teniendo como referencia la alimentación y la biomasa ganada en 126 días de la fase experimental. Se calculó el precio de la dieta de cada uno de los tratamientos realizando una sumatoria de la cantidad de kilogramos de la dieta formulada y multiplicándolo por el alimento consumido por tratamiento, obteniendo como resultado el costo total de alimentación. Se estimó un precio de venta de \$4.600 por kilogramo, permitiendo determinar la viabilidad de la tecnología propuesta con referente a la tecnología tradicional y posteriormente estimando el porcentaje de rentabilidad de cada uno de los tratamientos estudiados.

Para corroborar los resultados se calculó la tasa de conversión económica (TCE), presentando variaciones de los costos de producción, incrementando o disminuyendo dependiendo de los niveles del índice de conversión alimenticia (ICA) en cada tratamiento. La dieta control en comparación con las dietas experimentales, aumento la tasa de conversión económica (TCE) al aumentar los niveles de inclusión de la mezcla vegetal.

7.4.1.1. Calculo

$$IA + CD > IO + CA$$

IA: Inversión de la nueva tecnología

CD: Costo de la vieja tecnología

IO: Inversión de la vieja tecnología

CA: Costo de la nueva tecnología

$$\% \text{ Rentabilidad} = \frac{IT - CT}{CT} * 100$$

IT: Inversión total

CT: Costo total

TCE: Tasa de conversión económica

$$\% TCE = \text{Costo del alimento} * \text{Convercion alimenticia}$$

Ecuaciones tomadas de (Miranda & Guerrero, 2015; Moreno *et al.* , 2013)

8. RESULTADOS

8.1. Crecimiento

La mezcla vegetal, presentó buenos resultados en el crecimiento de alevines de tilapia roja. Claramente se aprecia que el mejor crecimiento fue la dieta control, con respecto a las dietas experimentales (**Figura 17**), iniciando un crecimiento prolongado a partir del segundo muestreo en el día 16, hasta la finalización del periodo experimental. Sin embargo, la dieta BAS-35% se observa un ligero crecimiento lineal con relación a las dietas BAS-15% y BAS-25%, a partir de los 16 días; mientras los peces alimentados con la dieta BAS-15% presentaron menor peso al finalizar el experimento.

Figura 15. Evidencia del crecimiento durante de alevines de tilapia.



Fuente: Fotografía tomadas por el autor

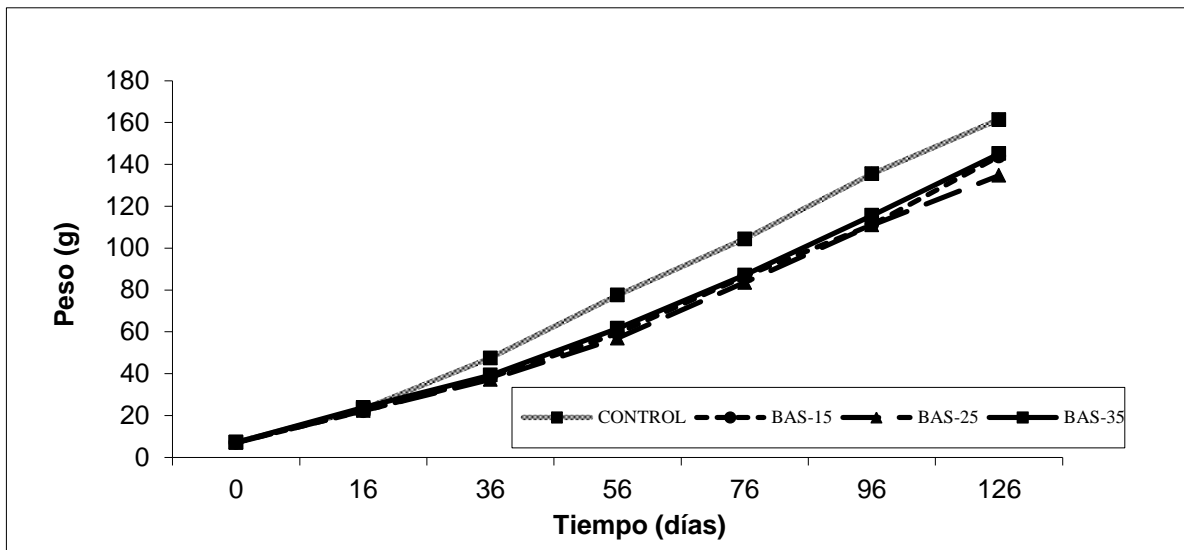


Figura 16. Aumento de peso promedio de especímenes de tilapia roja durante 126 días.

8.1.1. Resultados globales de crecimiento y parámetros nutritivos.

La cantidad de mezcla vegetal incluida a la dieta, no afecta el crecimiento de los peces, lo cual se observa en el peso promedio final que se relacionan en la Tabla 10.

Tabla 10. Peso final de los animales por tratamiento

DIETA	PESO FINAL
CONTROL	161,4 g
BAS- 15%	143,9 g
BAS- 25%	134,7 g
BAS- 35%	145,1 g

Con respecto al TCI (tasa de crecimiento instantáneo), durante el primer muestreo de las dietas experimentales, se observó un crecimiento similar con respecto a la dieta control, de igual manera, a partir más o menos del día 45 se observan algunos cambios menores en el crecimiento de las dietas experimentales con respecto a la dieta control, consecuentemente, se obtuvieron buenos resultados en el TCI con respecto al ICA.

De igual manera, en el ICA (índice de conversión alimenticia), se obtuvieron resultados satisfactorios ya que los índices fueron menores que 1, y esto nos indica se hubo un buen aprovechamiento nutritivo de las dietas experimentales. Los peces alimentados con la dieta BAS-35% obtuvieron los mejores resultados (más bajos) ICA, y los animales alimentados con la dieta BAS-25% obtuvieron los índices más altos con respecto a las dietas experimentales y el control, No hay grandes diferencias estadísticas entre la dieta control BAS-15% y BAS-35%, no obstante, observamos que la dieta BAS-25% nos arroja unos índices muy distintos a los demás presentando diferencia significativa entre los dietas experimentales y la dieta control.

En cuanto a la TAD (Tasa de alimentación diaria), observamos que, dado a la etapa de crecimiento de los alevines se necesita una mayor ingesta por su estado de crecimiento y formación de músculo, por esta razón los animales necesitan ingerir más alimento para cubrir sus necesidades nutritivas, aun así, se obtuvieron buenos resultados en cuanto a la tasa de alimentación diaria, los resultados obtenidos oscilaron entre 1.09 y 1.30 obteniendo las mayores tasas de alimentación la dieta BAS-25%.

De igual manera, se puede apreciar en la tabla 11. respecto a la supervivencia se obtuvieron resultados muy favorables en todas las dietas experimentales.

Tabla 11. Datos globales de los parámetros obtenidos en las diferentes etapas de la prueba, (media \pm ES).

Índice	CONTROL	BAS-15	BAS-25	BAS-35
Peso Inicial (PI) (g)	7,70 \pm 0,20 ^a	7,83 \pm 0,57 ^a	7,37 \pm 0,61 ^a	7,37 \pm 0,47 ^a
Peso Final (PF) (g)	161,43 \pm 0,15 ^d	143,77 \pm 0,51 ^b	134,67 \pm 0,06 ^a	145,70 \pm 0,87 ^c
TCI (%/día)	2,46 \pm 0,04 ^b	2,31 \pm 0,05 ^a	2,31 \pm 0,07 ^a	2,37 \pm 0,05 ^{ab}
ICA (%/día)	0,75 \pm 0,02 ^a	0,85 \pm 0,02 ^b	0,91 \pm 0,02 ^c	0,84 \pm 0,02 ^b
TAD (%/día)	1,09 \pm 0,02 ^a	1,22 \pm 0,03 ^b	1,30 \pm 0,04 ^c	1,20 \pm 0,02 ^b
Supervivencia (%)	100 \pm 0,00 ^a	98,33 \pm 2,89 ^a	98,33 \pm 2,89 ^a	98,33 \pm 2,89 ^a

Nota: letras distintas indican diferencias estadísticas entre las medias. Método de comparación Tukey (P<0.05).

8.1.2. Parámetros biométricos

No se encontraron diferencias estadísticas significativas en el índice viscerosomático y el índice hepatosomático como refleja la (Tabla 12), se presentaron diferencia estadística en el factor de conversión y en el índice de grasa visceral, presentando una disminución significativa de la dieta control con respecto a las dietas BAS-15%, BAS-25% y BAS-35%. Se podría inferir cierta tendencia en el aumento en el factor de conversión, en las tres dietas experimentales con respecto a la dieta control, indicaron peces más robustos y con mayor cantidad de grasa visceral. También, se puede considerar que el aumento en el índice de grasa visceral, se deba a los contenidos de grasa del aceite y la harina del sachá inchi.

Tabla 12. Efecto del tratamiento sobre los parámetros biométricos de la tilapia al final de la prueba (media \pm ES).

Tratamiento	CONTROL	BAS-15	BAS-25	BAS-35
FC	6,06 \pm 0,22 ^a	7,55 \pm 0,38 ^b	7,18 \pm 0,30 ^b	7,04 \pm 0,51 ^{ab}
IVS	11,57 \pm 0,33 ^a	11,27 \pm 0,45 ^a	12,18 \pm 0,42 ^a	12,16 \pm 0,32 ^a
IHS	0,19 \pm 0,02 ^a	0,17 \pm 0,02 ^a	0,19 \pm 0,03 ^a	0,19 \pm 0,01 ^a
IGV	1,16 \pm 0,04 ^a	1,60 \pm 0,08 ^b	1,75 \pm 0,09 ^b	1,72 \pm 0,10 ^b

Nota: letras distintas indican diferencias estadísticas entre las medias. Test de Tukey (P<0.05). Factor de Condición = * Peso total (g) / Longitud total (cm); Índice Viscerosomático (%), IVS = 100 x peso vísceras (g) / peso pez (g) ; Índice Hepatosomático (%), IHP = 100 x peso hígado (g) / peso pez (g) ; Índice de Grasa Visceral (%), IGV = 100 x peso grasa visceral (g) / peso pez (g).

8.2. ANALISIS DE DIGESTIBILIDAD

Antes de iniciar el análisis de digestibilidad, los animales se sometieron a ayuno durante dos días, permitiendo que el sistema digestivo expulse todo el contenido intestinal del pez. La alimentación de los animales se realizó “a saciedad aparente”, de forma manual una vez por día (07:00), controlando las cantidades suministradas para evitar la recolección de heces con presencia de alimento no consumido. La recolección de las heces se realizó día de por medio durante 40 días.

Una vez colectadas fueron guardadas en el refrigerador hasta colectar la cantidad suficiente para realizar el análisis proximal y de Cr₂O₃.

Tabla 13. Retención y Composición Proximal de las heces (g/100g de muestra). y Coeficientes de digestibilidad aparente en contenidos de materia seca, proteína y energía de las dietas experimentales

Composición (%MS)	CONTROL	BAS-15	BAS-25	BAS-35
Cenizas	12,5	7,6	7,7	7,5
PD	25,2	23,7	23,2	23,4
ED	6,5	9,1	9,2	10,5
CDP (%)	87,2	85,2	83,1	80,5
CDE (%)	84,2	77,3	79,4	82,1

PD: Proteína digestible; ED: Energía digestible; CDP: Coeficiente digestibilidad proteína; CDE: coeficiente digestibilidad energía.

Se observa en la **Tabla 13**, que la retención de la proteína y energía digerida con cada una de las dietas formuladas, presenta mejores resultados en la dieta control con un 25,2%, difiriendo con las dietas experimentales 15%; 25%; y 35% con resultados de 23,7%, 23,2% y 23,4% PD, respectivamente, obteniendo valores más bajos. En cuanto a la retención de la energía ingerida fue más alta con la mezcla vegetal del 35% presentando 10,5 ED, con relación a la dieta control con un 6,5 ED.

Los valores de digestibilidad aparente, se usaron para determinar los coeficientes de digestibilidad de la proteína y se observó una tendencia ascendente de la proteína digestible (PD), a medida que aumentaba la inclusión, resultando 85,7% (control); 82,2%; 83,1% y 85,2%, 15, 25 y 35% respectivamente. La energía digestible fluctuaba de acuerdo al contenido de lípidos en la dieta entre un 84,2; 79,3; 80,4 y 82,1 % para las dietas control, 15, 25 y 35% respectivamente.

8.3. Presupuesto

Durante el proceso de estudio realizado se estimó el costo para la elaboración de los concentrados artesanales, teniendo en cuenta costos de inversión, costos fijos y costos variables. (Tabla 14).

Tabla 14. Costo total en la fabricación y elaborados de dietas artesanales

INVERSIÓN			
Molino eléctrico	1	\$ 850.000	\$ 850.000
Elaboración y Fabricación	12	\$ 112.000	\$ 1.344.000
bandejas	6	\$ 5.000	\$ 30.000
cavos de amarre	24	\$ 1.000	\$ 24.000
Fertilizante (gallinaza)	4	\$ 8.000	\$ 32.000
Secador artesanal	1	\$ 500.000	\$ 500.000
COSTO FIJO			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Reparación y mantenimiento	12	\$ 2.500	\$ 30.000
Adecuación de estanques	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Semilla (Alevines)	60	\$ 120	\$ 7.200
Servicios (Agua)	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Servicios (Luz)	1	\$ 110.000	\$ 110.000
Otros gastos	3	\$ 2.500	\$ 7.500
COSTO VARIABLE			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Harina de pescado	6	\$ 5.400	\$ 32.400
Harina de soya	9	\$ 5.000	\$ 45.000
Harina de sachu inchi	9	\$ 5.000	\$ 45.000
Harina de trigo	1	\$ 2.400	\$ 2.400
Aceite de sachu inchi	1	\$ 2.700	\$ 2.700
Harina botón de oro	1	\$ 100	\$ 100
Vitaminas	1	\$ 8.000	\$ 8.000
Dextrina	1	\$ 5600	\$ 15.000
Dotación personal	10	\$ 1.500	\$ 15.000
Mano de obra	1	\$ 30.000	\$ 30.000
TOTAL		\$ 3.123.900	

8.3.1. Costo por dieta experimental

Costo total de los materiales utilizados durante la elaboración de las dietas artesanales se representa en las tablas 15, 16 y 17 de cada tratamiento

Tabla 15. Materias primas utilizadas para dieta artesanal dieta (15%) (4 meses)

Producto	Unidad de medida	Cantidades	Valor Unitario	Valor Total
Harina de pescado	Kg	1	\$ 5.400	\$ 5.400
Harina de soya	Kg	3	\$ 4.500	\$ 13.500
Harina de sachá inchi	Kg	1	\$ 5.000	\$ 5.000
Harina de trigo	500g	1	\$ 2.400	\$ 2.400
Aceite de sachá inchi	L	1	\$ 2.700	\$ 2.700
Harina botón de oro	500g	1	\$ 300	\$ 300
Vitaminas	500g	1	\$ 8.000	\$ 8.000
Maltodextrina	500g	1	\$ 1.800	\$ 1.800
Mano de obra		1	\$ 15.000	\$ 15.000
Servicio de luz		1	\$ 30.000	\$ 30.000
		8		\$ 94.100
VALOR UNITARIO (KILO/ MES)				\$ 2.628

Tabla 16. Materias primas utilizadas para dieta artesanal dieta (25%) (4 meses)

Producto	Unidad de medida	Cantidades	Valor Unitario	Valor Total
Harina de pescado	Kg	1	\$ 5.400	\$ 5.400
Harina de soya	Kg	2	\$ 4.500	\$ 9.000
Harina de sachá inchi	Kg	2	\$ 5.000	\$ 10.000
Harina de trigo	500g	1	\$ 2.400	\$ 2.400
Aceite de sachá inchi	L	1	\$ 2.700	\$ 2.700
Harina botón de oro	500g	1	\$ 300	\$ 300
Vitaminas	500g	1	\$ 8.000	\$ 8.000
Maltodextrina	500g	1	\$ 1.800	\$ 1.800
Mano de obra		1	\$ 15.000	\$ 15.000
Servicio de luz		1	\$ 30.000	\$ 30.000
Total		8		\$ 94.100
VALOR UNITARIO (KILO/ MES)				\$ 2.644

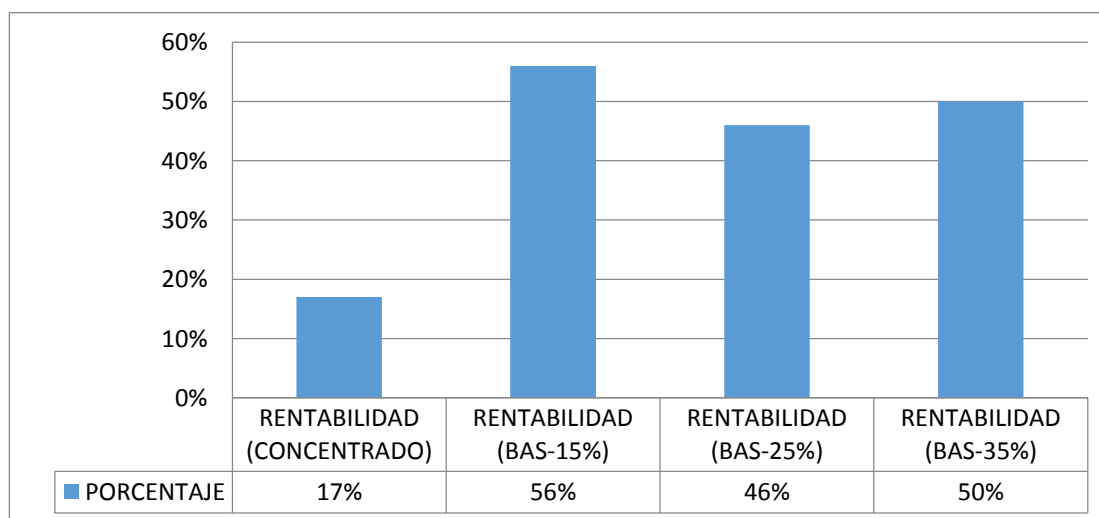
Tabla 17. Materias primas utilizadas para dieta artesanal dieta (35%) (4 meses)

Producto	Unidad de medida	Cantidades	Valor Unitario	Valor Total
Harina de pescado	Kg	2	\$ 5.400	\$ 10.800
Harina de soya	Kg	3	\$ 4.500	\$ 13.500
Harina de sacha inchi	Kg	3	\$ 5.000	\$ 15.000
Harina de trigo	500g	1	\$ 2.400	\$ 2.400
Aceite de sacha inchi	L	1	\$ 2.700	\$ 2.700
Harina boton de oro	500g	1	\$ 300	\$ 300
Vitaminas	500g	1	\$ 8.000	\$ 8.000
Maizena	500g	1	\$ 1.800	\$ 1.800
Mano de obra		1	\$ 15.000	\$ 15.000
Servicio de luz		1	\$ 30.000	\$ 30.000
Total		9		\$ 99.500
			VALOR/U/K	\$ 2.764

8.3.2. Presupuesto parcial

Las variaciones en el costo de producción y peso final de las tilapias en cada fase experimental, determinaron que el presupuesto parcial de las dietas artesanales son favorable al cambio de tecnológico (**Figura 17**), presentando porcentajes de rentabilidad superiores del 40% comparado con la dieta control de un 17%, generando variaciones promedio de rentabilidad del 33%.

Figura 17. Porcentaje de rentabilidad de las dietas experimentales



8.3.3. Tasa de conversión Económica

Se observan variaciones entre los tratamiento presentándose valores unitario inferiores en las dietas experimentales con referente a la dieta control (**Tabla 18**). El concentrado comercial tradicional presenta un valor unitario promedio de \$ 5.400 COP el kilogramo, superior comparado con las dietas experimentales, con un promedio de precio de \$ 2.678 COP el kilogramo.

También, se presentan variaciones de TCE entre la dieta control y los tratamientos según la tasa de conversión alimenticia y su valor unitario, en la dieta control se presenta el mayor precio unitario e inferior ICA presentando una TCE de \$ 4.050 COP, superior a las dietas experimentales con un promedio de TCE de \$ 1771 COP.

Tabla 18. Tasa de conversión económica (TCE) del cultivo en alevines de tilapia roja en diferentes tratamientos

PRECIO FINAL DEL CONCENTRADO TRADICIONAL (4 MESES)					
Producto	Unidad de medida	Cantidades (4 meses)	Valor Unitario	ICA	TCE
CONCENTRADO	KILOS	4	\$ 5.400	0,75	\$ 4.050
DIETA ARTESANAL (15%)	KILOS	4	\$ 2.628	0,85	\$ 2.234
DIETA ARTESANAL (25%)	KILOS	4	\$ 2.644	0,91	\$ 2.406
DIETA ARTESANAL (35%)	KILOS	4	\$ 2.764	0,84	\$ 2.322

9. DISCUSIÓN

Como consecuencia de todos los aspectos económicos y de sostenibilidad tan conocidos en la actualidad, el objetivo primordial del presente trabajo final de carrera, fue incluir a la harina pescado una mezcla de fuentes proteicas vegetales para reducir al mínimo dicho ingrediente en la formulación de dietas para tilapia roja.

9.1. Crecimiento y eficiencia nutritiva

Los resultados obtenidos en las dietas experimentales en alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp*), no presentaron diferencias significativas en los dos primeros muestreos, pero finalmente con la dieta control los peces crecieron adecuadamente hasta la finalización del periodo presentando mejores pero leves resultados con referencia a las dietas experimentales. También se observó una relación proporcional entre el peso medio final de las tilapias y su nivel de inclusión de las mezclas vegetales, de modo que a mayor nivel de inclusión proporcionaron mayor crecimiento, los mejores resultados se presentaron con el tratamiento BAS-35%.

Como resultado del análisis de la tasa de crecimiento instantáneo, (TCI) se observa, que se mantiene muy similar en todas las dietas incluso con respecto a la dieta control, por otra parte se presentaron diferencias significativas en la dieta con el 35% de inclusión. Los resultados difieren con los de (A. Miranda & Guerrero, 2015), publicando resultados decrecientes en la TCI al aumentar la sustitución por torta de sachu inchi, en el caso de esta investigación a mayor sustitución aumenta el TCI.

Se observó que en los índices zootécnicos presentaron diferencias significativas en cada uno de los tratamientos. En el índice de conversión alimenticia (ICA), fue mayor con el tratamiento BAS 25% con 0,91, encontrándose diferencias significativas entre los tratamientos experimentales, siendo la dieta control el mejor resultado de 0,75, seguido de BAS 35 de 0,84 y BAS 15 de 0,85 que no presentaron diferencias significativas. En la tasa de alimentación diaria (TAD), se mostraron mejores resultados con los tratamientos experimentales comparados con la dieta control con un 1,09 que fue claramente más alto en el tratamiento BAS 25% con 1,30, en los tratamientos BAS 15% y BAS 35% también, se alcanzaron resultados superiores a la dieta control con 1,22 y 1,20 respectivamente, no presentando diferencia significativa.

9.2. Índices biométricos

Al final del experimento, no se obtuvieron diferencias significativas en los parámetros biométricos como el índice viscerosomático e índice de grasa visceral (IVS e IGV), no afectándose en los niveles de inclusión, exceptuando el factor de conversión y el índice hepatosomático (FC e IHS), presentando variaciones significativas con la dieta control, mostrando menor resultado comparados con las dietas experimentales. Este factor puede considerarse, por las materias primas empleadas en el experimento, presentando mayor aporte de ácidos grasos esenciales por la mezcla de aceite y harina de Sacha Inchi.

Los resultados de esta investigación, difieren con los resultados expuestos por (Miranda & Guerrero, 2015), los cuales manejaron niveles de inclusión 0, 5, 10, 20% de la torta de sachu inchi en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis, sp*), donde concluyeron que no se puede reemplazar más del 10% de la harina de sachu inchi, determinando parámetros como ganancia de peso (GP), conversión alimenticia (CA), tasa específica de crecimiento (TEC), tasa de eficiencia proteica (TEP), índices de hepatosomáticos (IHS) y porcentaje de supervivencia (%S), presentando resultados elevados en GP, TEC, TEP y IHS en los niveles de 0.5 y 10%. Los resultados obtenidos en este experimento, demuestran que se puede incluir hasta el 35% sin que se vea afectado negativamente su crecimiento, presentando mejores resultados en los índices como TCI, ICA y TAD y sin que se vea afectados índices biométricos como IVS y HIS, demostrando resultado superior en peso final que en los tratamientos BAS 15 y BAS 25. Permitiendo determinar que, a menor inclusión de la mezcla vegetal, menor es su peso final, pero con favorables conversiones alimenticias que permiten cubrir con sus requerimientos nutricionales necesarios para el crecimiento del animal.

Resultados satisfactorios se han reportado en la fabricación de concentrados con base en materias primas de origen vegetal (Nguyen *et al.*, 2009). La sustitución total de la harina de pescado en dietas ricas en harina de soya extraída con solventes y harina soja prensada en juveniles de tilapia roja, pueden ser principalmente su principal fuente de proteína sin afectar negativamente el crecimiento y la supervivencia del animal. También se han reportado resultados favorables con materias primas no convencionales como el botón de oro (Hessberg *et al.*, 2016). Dicha fuente se considera un ingrediente alternativo favorable para la alimentación de la tilapia roja, ya que son eficientemente digeridos por la especie. Además, Contreras, 2012), presenta resultados favorables

en la alimentación con botón de oro y morera en etapa de cebsa en tilapia nilotica, evidenciando mejores rendimiento en ganancia de peso, con una sustitución del 15% con respecto al concentrado balanceando, sin presentar afectaciones nocivas por factores antinutricionales.

En el caso de la digestibilidad, no se encontraron reportes que permitan realizar la comparación correspondiente a la mezcla de las materias primas empleadas, por lo tanto se tomó información de materias primas de origen vegetal no convencionales empleadas en la formulación de dietas para alimentación en tilapia. La digestibilidad evaluada en este estudio presentan resultados similares reportados por (Gutiérrez, Perdomo, & Velásquez, 2011), con un coeficiente de digestibilidad en proteína entre el 76 al 95 % CDA, en materias primas de origen vegetal, en la cual se destaca la Torta de soya con una digestibilidad en proteína del 92,4% en tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Los resultados de este autor, están muy similares a los resultados obtenidos en esta investigación. Asimismo, los resultados de (Hessberg *et al.*, 2016), presentan mejores resultados de materias primas vegetales como la harina de botón de oro con un 93,7% , harina de bore con 89,9%, harina de nacedero con 91,7% y harina de matarratón con un 93,6% CDA en proteína. Pero difieren en el coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo (CD del EE) presentando variaciones en los resultados de 98,7%, 92,2%, 90,7% y 87,7 respectivamente.

En cuanto los costos de producción, se puede observar mejores resultados en el precio del kilogramo en las dietas Experimentales, a mayor inclusión mayor valor unitario, a la vez determinado por ICA a menor ingesta mayor es su TCI. La dieta BAS 15%, BAS 25% y BAS 35% basándose en los ingresos y los costos de producción presentan una mayor rentabilidad que la dieta tradicional, aumentando el beneficio neto en la fabricación de concentrado artesanal a base de materias primas no convencionales, generan un cambio tecnológico propicio para minimizar los costos de alimentación en el híbrido de tilapia roja. Se presentan resultados similares (Miranda & Guerrero, 2015), presentando mayor TCI al aumentar los niveles de sustitución del Sacha Inchi en juveniles de tilapia roja.

La supervivencia no fue afectada por las dietas experimentales, resultados similares fueron obtenidos por Martínez-Llorens *et al.* 2009 y Robaina *et al.* 1997.

10. CONCLUSIONES

Al incluir la mezcla vegetal, (harina de Sacha Inchi, harina de botón de oro, torta de soya) a la harina de pescado, en niveles de 0, 15, 25 y 35% y estudiar sus efectos en el crecimiento, parámetros nutritivos del híbrido de tilapia roja, en las condiciones anteriormente expuestas se puede concluir que:

1. La formulación, diseño y elaboración de las dietas se realizó a partir de materias primas vegetales, probándose en alevines del híbrido de tilapia roja, obteniendo buenos resultados en el crecimiento de los animales experimentales.
2. Según los resultados de esta investigación, es posible incluir hasta en un 35% de la mezcla vegetal a la harina de pescado, para el levante del híbrido de tilapia roja, sin que esto afecte ni el crecimiento, ni los parámetros nutritivos de los peces experimentales.
3. En cuanto a los valores obtenidos en la digestibilidad aparente, el híbrido de tilapia roja, tiene la capacidad para aprovechar los nutrientes contenidos en las raciones de las dietas formuladas de origen vegetal, la alta digestibilidad de la mezcla vegetal (harina de Sacha inchi, harina de botón de oro y torta de soya), indica que estos ingredientes pueden ser considerados como una muy buena fuente de proteína para dietas del híbrido de tilapia roja. La digestibilidad de los ingredientes energéticos, en general, fue buena también.
4. Inclusiones de hasta un 35% mantienen un beneficio económico en valores alejados a los obtenidos por la dieta control, que es considerada el concentrado comercial, la dieta experimental posee una rentabilidad favorable en cuanto a la disminución de los costos de producción, conservando el precio del kilogramo por debajo del concentrado comercial, manteniendo una tasa de conversión económica óptima para la formulación y fabricación concentrado para tilapia roja.

Recomendaciones: Dado los resultados en la fase experimental de esta investigación, se sugiere la mezcla vegetal más para la etapa de engorde que para la etapa de levante para el híbrido de tilapia roja.

El planteamiento de los experimentos futuros no deberá tener como objetivo el estudio de la máxima inclusión de una fuente proteica alternativa en la dieta, sino el diseño de dietas que cubran

los requerimientos de AAE específicos de cada especie, mediante una combinación de fuentes proteicas alternativas, que presenten un perfil balanceado de aminoácidos en relación con la composición corporal del pez.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Akinleye, A. O., Kumar, V., Makkar, H. P. S., Angulo Escalante, M. A., & Becker, K. (2012). *Jatropha platyphylla* kernel meal as feed ingredient for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): growth, nutrient utilization and blood parameters. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96(1), 119–129. article.
- Alicorp, S. A. (2004). Manual de crianza de Tilapia. *Lima, Perú*.
- Allan, G. L., Parkinson, S., Booth, M. A., Stone, D. A. J., Rowland, S. J., Frances, J., & Warner-Smith, R. (2000). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186(3), 293–310. article.
- AUNAP. (2016). El consumo de pescado en Colombia aumentaría en siete kilos persona al año. *Boltein de Prensa AUNAP*, 1-2.
- AUNAP, A. N. de A. y P. RESOLUCIÓN 2287 DE 2015.
- AUNAP, A. nacional de acuicultura y pesca. Decreto 4181 de 2011, Republica de Colombia § (2011).
- Austreng, E., Storebakken, T., Thomassen, M. S., Refstie, S., & Thomassen, Y. (2000). Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. *Aquaculture*, 65–78.
- Ayoola, S. O. (2011). Utilization of compounded feed and poultry hatchery waste in the diet of *clarias gariepinus*. *Nigerian Journal of Fisheries*, 8(January 2011), 2.
- Betancourth, C. (2013). Aprovechamiento de la torta residual de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) mediante extracción por solventes de su aceite. *Universidad de Manizales*, 1–32.
- Bureau, D. P.; Harris, A. M. and Cho, C. Y. (1999). Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 180:345-358.
- Castaño, D. L., Valencia, M. P., Murillo, E., Mendez, J. J., & Joli, J. E. (2012). Fatty acid composition of Inca peanut (*Plukenetia volubilis* Linneo) and its relationship with vegetal bioactivity. *Rev Chil Nutr*, 39(1), 45–52.

- Cho, C. Y. (1987). La energía en la nutrición de los peces. *FEUGA, VOLUMEN II*, 197–243.
- Cho, C. Y., & Slinger, S. J. (1979). Apparent digestibility measurement in feedstuff for rainbow trout. In: *Finfish Nutrition and Fishfood Technology. Heenemann GmbH, Berlin, 2*, 239–247.
- Choubert, G., Noüe, J. de la, & Luquet, P. (1979). Continuous quantitative automatic collector for fish feces. *The Progressive Fish-Culturist*.
- Cipos, M. X. (2007). Manual del participante: Cultivo de tilapias en estanques circulares.
- Congreso de la República. (1990). Ley 13 de 1990. *Decreto L7-73, 1990*, 1–35.
- Contreras, J. (2012). Efecto sobre el rendimiento técnico de la tilapia nilótica Chitralada resultante de la sustitución de la dieta con falso girasol y morera en la etapa de ceba. *Revista Citecsa, 3 numero 4*, 1–11.
- Ctaqua, centro tecnológico de la A. (2003). Alimentación Optimizada Para Tilapia Nilótica (*Oreochromis Niloticus*) De Senegal, 1–48.
- Deng, J., Mai, K., Ai, Q., Zhang, W., Wang, X., Xu, W., & Liufu, Z. (2006). Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 258(1–4), 503–513.
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma.
- Fasuyi, A. O., & Ibitayo, F. J. (2011). Preliminary analyses and amino acid profile of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaves. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(1). article.
- FENAVI. (2017). Federación nacional de avicultores de Colombia. Programa de estudios Económicos, 1–1.
- Follegatti-Romero, L. A., Piantino, C. R., Grimaldi, R., & Cabral, F. A. (2009). Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *The Journal of Supercritical Fluids*, 49(3), 323–329. article.
- Furuya, V. R. B., Wilson, M. F., Carmino, H., & Claudemi, M. S. (2000). Niveles de inclusión de harina de girasol en la alimentación de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en etapa juvenil. *Zootecnia Tropical*, 18(1), 91–106. article.

- Glencross, B. ., Boujard, T. B., & Kaushik, S. J. (2003). Evaluation of the influence of oligosaccharides on the nutritional value of lupin meals when fed to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 219, 703–713.
- Gómez-Requeni, P., Mingarro, M., Kirchner, S., Calduch-Giner, J. A., Médale, F., Corraze, G., ... others. (2003). Effects of dietary amino acid profile on growth performance, key metabolic enzymes and somatotropic axis responsiveness of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 220(1), 749–767. article.
- González, J., ALTamar, J., Cuello, F., & Álvarez, T. (2016). Comercialización de productos provenientes de la pesca y la acuicultura en los principales centros de consumo en Colombia. *SEPEC (Servicio Estadístico Pesquero Colombiano)*, 90.
- González, R., Romero, O., Valdivié, M., & Ponce, J. (2013). Lenteja de agua, una opción en dietas para tilapia roja. *Revista AquaTIC*, N° 38, 85–93.
- González, R., Romero, O., Valdivié, M., & Ponce, J. (2014). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales: Una alternativa para la alimentación de la tilapia Vegetable, livestock and agroindustrial products and by- products: An alternative tilapia feeding. *Revista Bio Ciencias*, 2(4), 240–251.
- Gutiérrez, M., Perdomo, M., & velasquez, walter. (2011). Digestibilidad aparente de materia seca , proteína y energía de harina de vísceras de pollo , quinua y harina de pescado en tilapia nilótica , *Oreochromis niloticus* Apparent digestibility of dry matter , protein and energy regarding fish meal , poultry by. *Universidad de Los Llanos*, 15(2), 169–179.
- Hach, C. L. G. (2017). Fish Farming Water Quality Test Kit, (243002).
- Hessberg, C., Quintero, A., & Solarte, W. (2016). Coeficiente de Digestibilidad Aparente de Plantas Forrajeras Comunes en Zona Andina para Alimentación de Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*). *Informacion Tecnologica*, 27(4), 63–72.
- Kaushik, S. J., Gouillou-Coustans, M. F., & Cho, C. Y. (1998). Application of the recommendations on vitamin requirements of finfish by NRC (1993) to salmonids and sea bass using practical and purified diets. *Aquaculture*, 161(1), 463–474. article.
- Liti, D. M., Mugo, R. M., Munguti, J. M., & Waidbacher, H. (2006). Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on three brans (maize, wheat and

- rice) in fertilized ponds. *Aquaculture Nutrition*, 12(3), 239–245. article.
- Luchini, L., & Wicki, G. (2007). Consideraciones sobre insumos utilizados en los alimentos para organismos acuáticos bajo cultivo. información básica. *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca*, 50.
- Macías, M., & Martínez, O. (1997). Composición en aminoácidos de diferentes fuentes tropicales no convencionales para la alimentación animal. *Rev. Computarizada Prod. Porcina*, 4(3), 1–60.
- MADR. (2017). 002 - Cifras Sectoriales - 2017 Octubre Acuicultura (1). MINAGRICULTURA.
- Mambrini, M., & Kaushik, S. J. (1995). Indispensable amino acid requirements of fish: correspondence between quantitative data and amino acid profiles of tissue proteins. *Journal of Applied Ichthyology*, 11(3–4), 240–247. article.
- Maskal'ová, I., Vajda, V., Krempaský, M., & Bujňák, L. (2014). Rumen degradability and ileal digestibility of proteins and amino acids of feedstuffs for cows. *Acta Veterinaria Brno*, 83(3), 225–231.
- Miao, W. (2015). Aquaculture production and trade trends : carp , tilapia and shrimp Weimin Miao , FAO RAP. *FAO*, 18.
- Miranda, A., & Guerrero, E. (2015). Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Respuestas*, 20(2), 82–92. article.
- Miranda, R., & Guerrero, C. (2015). Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja, 20(2).
- Moreno, J. M., Muñoz, A. P., & Wills, G. A. (2013). Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica – (*Oreochromis niloticus*) – cultivada en jaulas flotantes. *Rev Med. Vet. Zoot.*, 60(45), 100–111.
- Nengas, I., Alexis, M. N., & Davies, S. J. (1999). High inclusion levels of poultry meals and related byproducts in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. *Aquaculture*, 179(1), 13–23. article.
- Nguyen, T. N., Davis, D. A., & Saoud, I. P. (2009). Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis spp.* *Journal of the World*

- Aquaculture Society*, 40(1), 113–121.
- Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F., & Ly, J. (2011). Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 309–314.
- Nose T. (1967). On the metabolic fecal nitrogen in young rainbow trout. *Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory*, 97–105.
- Nose T. (1996). Recent advances in the study of fish digestion in Japan. *Symposium on feeding trout and salmon culture, II*.
- Ogino C., Kakino, J., & Chen, M. S. (1973). Protein nutrition in fish. II. Determination of metabolic fecal nitrogen and endogenous nitrogen excretions of carp. *Society of Scientific Fisheries*.
- Oliveira, J., Oliveira de souza, E., & Bora, P. (2007). Utilization of shrimp industry waste in the formulation of tilapia (*Oreochromis niloticus Linnaeus*) feed. *Bioresource Technology*, 98(3), 602–606. article.
- OPROMAR. (2018). Tilapia | Opromar. Retrieved June 14, 2018, from <http://opromar.com/catalogo-especies/es/tilapia>
- Parín, M., & Zugarramurdi, A. (1994). Aspectos Económicos del Procesamiento y Uso de Ensilados de Pescad. Retrieved June 14, 2018,
- Perea, C., Garcés, caicedo Y. J., Hoyos, concha J. L., & H. (2011). Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp*) EVAL. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustria*, 9 (1), 60–68.
- Peters, R., Sangrario, H., Hernandez, J., Mejía, D., & León, A. (2004). Determinación del nivel óptimo de sustitución de la harina de pescado por harina de hidrolizado de plumas en el alimento para tilapia roja (*Oreochromis sp*) . Determination of optimum substitution levels of fish meal for hydrolyzed feather flour in red til, 12(March), 13–24.
- Phillips, Tunison, A. V., & Brocksay, D. R. (1948). No TitleThe utilization of carbohydrates by trout. New York Conservation Department. *Fisheries Research Bulletin*.
- Post, Shanks, W. E., & Smith, R. R. (1965). A method for collecting metabolic excretions from fish. *The Progressive Fish-Culturist*, 108–111.

- Rivas, M., López, J., Miranda, A., & Sandoval, M. (2012). Sustitución parcial de harina de sardina con moringa oleífera en alimentos balanceados para juveniles de tilapia (*Oreochromis*) *Biotechnia.Uson.Mx*, 3–10.
- Robaina, L. E. R. (1995). Utilización nutritiva de fuentes de proteína alternativa a la harina de pescado en dietas de engorde para Dorada (*Sparus Aurata*). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia, 1–27.
- Sánchez, N., Martínez, S., Tomás, A., & Cerdá, M. (2009). Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). *Aquaculture*, 298(1–2), 83–89.
- Santamaria, S. (2013). Nutrición y alimentación en peces nativos. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Siddika, I., Das, M., & Sumi, K. R. (2012). Effect of isoproteinous feed on growth and survival of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry, 10(1), 169–174.
- Tacon, A. G. J., Webster, J. L., & Martinez, C. A. (1984). Use of solvent extracted sunflower seed meal in complete diets for fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). *Aquaculture*, 43(4), 381–389. article.
- Toledo, S., & Capote, C. (2000). Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe.
- Torres, D., & Hurtado, V. (2012). Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Orinoquia*, 16(1), 63–68. article.
- USDA's. (2018). AquacultureTradeRecent. Retrieved from <https://www.ers.usda.gov/data-products/aquaculture-data.aspx>
- Valencia, A. I. (2016). Memorias Congreso de la República, 266.
- Vandenberg, G. W., & Noue, J. (2001). Apparent digestibility comparison in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. *Aquac. Nutr*, 7, 237–245.
- Vásquez-Torres, W. (2004). Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. *Colección*

Unillanos, 30. article.

Windell, J. ., Foltz, J. W., & Sarokan, J. A. (1978). Effect of body size, temperature and ration size on the digestibility of a dry pelleted diet by rainbow trout. *Trans. Amer. Fish. Soc, 107*, 613–616.