



Universidad Técnica Estatal De Quevedo

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

Carrera De Ingeniería Zootécnica

Unidad Integradora Curricular
previo a la obtención del título de
Ingeniero Zootecnista

Título Del Proyecto de Investigación:

**“ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DIGESTIVA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE
JUVENILES DE TILAPIA ROJA (*Oreochormis* sp.) ALIMENTADOS CON
QUITOSANO EN DIETA”**

Autor:

Alan Rodrigo Vera Veliz

Director Del Proyecto de Investigación:

Ing. Yuniel Méndez Martínez, PhD.

Mocache – Los Ríos- Ecuador

2020



FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



Teléfonos: FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302
Fax UTEQ: (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177
[E. mail. info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp_91@yahoo.es Quevedo – Los Ríos – Ecuador

CASILLAS
Guayaquil:
10672
Quevedo :73

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Alan Rodrigo Vera Veliz**, declaro que la presente investigación es meramente de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se contienen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

f.

Alan Rodrigo Vera Veliz.

C.C. # 080332644-6

AUTOR

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Dando cumplimiento al reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a las normativas y directrices establecidas por el SENESCYT, el suscrito **Dr. Yuniel Méndez Martínez, PhD.** en calidad de director del Proyecto de Investigación Titulado “**Actividad enzimática digestiva y composición química de juveniles de tilapia roja (*oreochormis* sp.) Alimentados con quitosano en dieta**”, de autoría del estudiante de la carrera de Ingeniería Zootecnia, **Alan Rodrigo Vera Veliz**, certifica que el porcentaje de similitud reportado por el Sistema URKUND es de 8%, el mismo que es permitido por el mencionado Software y los requerimientos académicos establecidos.



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	Tesis Alan Vera, Urkund.docx (D77551564)
Submitted:	8/6/2020 9:05:00 PM
Submitted By:	etorres@uteq.edu.ec
Significance:	8 %

Atentamente,

Dr. Yuniel Méndez Martínez, PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.



FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
CAMPUS UNIVERSITARIO LA MARÍA
Km. 7 ½ Vía Quevedo-El Empalme, Entrada a Mocache



Teléfonos: FCP (Fax) 783 487 UTEQ (593-05) 750 320 / 751 430 / 753 302
Fax UTEQ: (593 -05) 753 300 / 753 303 / 752 177
[E. mail. info@uteq.edu.ec](mailto:info@uteq.edu.ec) /fcp_91@yahoo.es Quevedo – Los Ríos – Ecuador

CASILLAS
Guayaquil:
10672
Quevedo :73

La Primera Universidad Agropecuaria del País. Acreditada

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

El suscrito, **Dr. Yuniel Méndez Martínez, PhD.** Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), certifica que el estudiante **Alan Rodrigo Vera Veliz**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, “**ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DIGESTIVA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE JUVENILES DE TILAPIA ROJA (OREOCHORMIS SP.) ALIMENTADOS CON QUITOSANO EN DIETA**” previo a la obtención del título de Ingeniero en Zootecnia, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dr. Yuniel Méndez Martínez, PhD.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION.



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACION

Título:

“ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DIGESTIVA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE JUVENILES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHORMIS* SP.) ALIMENTADOS CON QUITOSANO EN DIETA”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Zootecnista.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por haberme alcanzado, transformado, re direccionar mi camino y ser el pilar fundamental de mi vida. Josué 1-9.

A la Familia: Méndez Segovia, Maruri Pacheco y Carriel Solís: En especial a la sra. Zoila Segovia, Wendy Pacheco y el sr. Vicente Carriel por abrirme las puertas de su casa y permitir ser parte de su familia mi gratitud será por siempre.

A mis colegas: Karla Del Barco por ser incondicional en estos 5 años, su paciencia, consejos y su tiempo, a Mishel Méndez por ser mi mejor amiga, mi hermana incondicional en todo tiempo y circunstancia mi #1, A Esperanza Varela por ser buena amiga y hacerme reír. A Ginger Pacheco por compartir la experiencia de la tesis y a Cinthia Zambrano por su cariño.

Al Director del Proyecto, Ing. Yuniel Méndez Martínez PhD: Por el tiempo, la paciencia y el aporte en la formación académica del autor, calidad de persona y de profesional gracias por los consejos y los regaños.

A mi Familia: En especial a mis Padres Rodrigo Vera y Tanis Veliz por los valores inculcados y ejemplo de perseverancia y humildad.

A la UTEQ: autoridades, docentes, trabajadores por la formación académica y el tiempo otorgado. A la ing. Lourdes Ramos y al ingeniero Zapatier por la enseñanza y disposición de tiempo. A todas las personas que conocí en el transcurso de la carrera: Miley, Kevin por ser bueno amigos; Ronal y Marcos por la ayuda en el laboratorio; Betania la niña más dulce y carismática que he conocido.

Si me ayudaste y no te nombre, muchísimas gracias Dios los bendiga.

Alan Rodrigo Vera Veliz...

DEDICATORIA

Por esta razón también, obrando con toda diligencia, añadid a vuestra fe, virtud, y a la virtud, conocimiento; al conocimiento, dominio propio, al dominio propio, perseverancia, y a la perseverancia, piedad. 2 Pedro 1:5-6.

A mis padres y todos mis familiares y amigos... no fue fácil, pero lo logre...

A ti que estas perseverando y pasando por situaciones difíciles, Dios siempre tiene el control

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CÓDIGO DUBLIN.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	4
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Problema de Investigación.....	5
1.1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.1.2. Diagnóstico.....	5
1.1.3. Pronóstico.....	5
1.1.4. Formulación del problema.....	6
1.1.5. Sistematización del problema.....	6
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. Objetivo General.....	7
1.2.2. Objetivos Específicos.....	7
1.3. Justificación.....	8
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1. Marco Conceptual.....	10
2.2. Marco referencial.....	11

2.2.1.	Quitina.....	11
2.2.2.	Quitosano.	12
2.2.3.	Aplicaciones del Quitosano.	14
2.2.4.	Acuicultura en el mundo.....	17
2.2.5.	Acuicultura en el Ecuador.....	18
2.2.6.	Produccion de Tilapia en el Ecuador.	18
2.2.7.	Tilapia.	19
2.2.8.	Taxonomía.	20
2.2.9.	Morfología	20
2.2.10.	Estructura Histologica del musculo de Tilapia.	21
2.2.11.	Composición química del musculo de tilapia roja.	22
2.2.12.	Enzimas Digestivas.	26
2.2.13.	Nutrición y respuesta bioquímica en peces.....	28
CAPÍTULO III		31
METODOLOGÍA DE LA INTESTIGACIÓN		31
3.1.	Localización.....	32
3.1.1.	Condiciones Agroclimáticas.	32
3.2.	Tipos de investigación.	32
3.3.	Método de investigación.....	33
3.3.1.	Método inductivo.	33
3.3.2.	Método analítico.	33
3.4.	Fuente de recopilación de Información.....	33
3.5.	Diseño de la investigación.	34
3.5.1.	Esquema de analisis de varianza.....	34
3.6.	Instrumento de investigación.	35
3.6.1.	Condiciones de cultivo de los peces.	35
3.6.2.	Formulación y preparación de las dietas Experimentales.....	35

3.6.3. Variables evaluadas.....	37
3.6.3.1. Composición química del musculo de juveniles de tilapia.....	37
3.6.3.2. Actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia.....	39
3.7. Tratamiento de los datos.....	41
3.8. Recursos humanos y materiales.....	42
3.8.1. Recursos humanos.....	42
3.8.2. Materiales e insumos.....	42
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS Y DISCUCIÓN.....	42
4.1. Composición química del tejido muscular en juveniles de tilapia.....	45
4.1.1. Materia seca.....	45
4.1.2. Cenizas.....	45
4.1.3. Proteínas.....	46
4.1.4. Lípidos.....	47
4.1.5. Hidratos de carbono.....	47
4.1.6. Energía.....	48
4.2. Actividad Enzimática digestiva en juveniles de tilapia roja.....	50
4.2.1. Proteasas.....	50
4.2.2. Lipasas.....	51
4.2.3. Amilasas.....	52
4.3. Relación de la actividad enzimática digestiva y la composición química del musculo en juveniles de tilapia roja.....	53
CAPÍTULO V.....	56
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones.....	58
CAPÍTULO VI.....	59

BIBLIOGRAFIA	59
Bibliografía.....	60
CAPITULO VII.....	71
ANEXOS	71

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de algunas fuentes de materia prima para la obtención de quitina.....	12
Tabla 2. Taxonomía de tilapia roja.....	20
Tabla 3. Composición química del musculo de tilapia roja.....	23
Tabla 4. Requerimiento de alimenticio de proteína, carbohidrato y lípido en dietas para tilapia.....	29
Tabla 5. Requerimiento de Vitaminas y minerales.....	30
Tabla 6. Condiciones Agroclimáticas.....	32
Tabla 7. Esquema del análisis de Varianza (ANOVA).....	34
Tabla 8. Formulación y composición química de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de quitosano.....	36
Tabla 9. Esquema de Tratamientos Experimentales.....	42

Índice de Figuras

Figura 1. Estructura química de la quitina.....	11
Figura 2. Mecanismo de reacción que interpreta a la reacción de desacetilación de la quitina para obtener quitosano. a) Reacción generalizada. b) Detalle del mecanismo de reacción.	13
Figura 3. Estructura química del Quitosano	13
Figura 4 Morfología Externa de la tilapia roja.	20
Figura 5 Morfología Interna de la tilapia roja.	21
Figura 6 Estructura Histológica del musculo de Tilapia	21
Figura 7 Anatomía interna del musculo de pescado.....	22
Figura 8 Cuantificación de actividad Proteasa (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con quitosano, F = 14. 79.....	50
Figura 9 Cuantificación de actividad Lipasa (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con inclusión de quitosano en dieta, F=2.31.	52
Figura 10 Cuantificación de actividad Amilasa (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con inclusión de quitosano en dieta, F=2.8.....	53
Figura 11 Relación de la actividad proteolítica en juveniles de tilapia (<i>Oreochormi sp</i>) y su porcentaje de proteínas en tejido muscular alimentados con inclusión de quitosano en dieta.	54
Figura 12 Relación de la actividad lipolítica en juveniles de tilapia (<i>Oreochormi sp</i>) y su porcentaje de lípidos en tejido muscular alimentados con inclusión de quitosano en dieta.	55
Figura 13 Relación de la actividad amilolítica en juveniles de tilapia (<i>Oreochormi sp</i>) y su porcentaje de hidratos de carbonos en tejido muscular alimentados con inclusión de quitosano en dieta.	55

RESUMEN

La presente investigación consiste en evaluar el efecto de inclusión de quitosano en dieta peletizadas sobre la actividad enzimática digestiva y composición química en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Se realizó en el laboratorio de acuicultura en el Campus “La María”, perteneciente a la FCP de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el laboratorio de acuicultura, con una duración de 55 días para lo cual se emplearon 6 tratamientos con tres repeticiones en un DCA. Cada uno de estos tratamientos estructuro una dieta experimental con diferente inclusión de quitosano al (0, 1, 2, 3, 4 y 5 %). Se realizó una biometría cada 15 días, los análisis de la actividad enzimática de la proteasa, lipasa y amilasa al igual que la bromatología del musculo, se realizaron a nivel de laboratorio. Donde se determinó que la mayor actividad enzimática digestiva se expresó en los tratamientos T4 y T5 con inclusión de quitosano al 3 % y 4 %. Mientras el mayor valor de enzimas proteasas se obtuvo en el T5 (4 % de quitosano en la dieta). En la actividad enzimática de la lipasa no existió diferencia estadística, sin embargo, el mayor valor se presentó en el T4 (3 % de quitosano en la dieta). Mientras que en la actividad enzimática de amilasas el mayor promedio se obtuvo en el T2 (1 % de quitosano en dieta). En los análisis bromatológicos de la composición del musculo de la tilapia, el mayor porcentaje de materia seca se registró en el T4 (3 % de quitosano en la dieta), respecto a la energía el mayor lo obtuvo el T3 (2 % de quitosano en la dieta). El mayor contenido de carbohidratos se obtuvo en el T2 (1% de quitosano en la dieta). El porcentaje de energía relaciono con los valores de grasa, debido a que se obtuvo el mayor valor en el T3. Se concluye que la mayor actividad enzimática de proteasa se obtuvo en los tratamientos T4 y T5 (3 y 4 % de quitosano en dieta), en las Lipasas se obtuvo T4 (3 % de quitosano en dieta) y en la actividad enzimática de las proteasas se obtuvo en el tratamiento T2 (1 % de quitosano en dieta). Con respecto a la bromatología del musculo se obtuvo valores casi homogéneos.

Palabras claves: biopolímero, dietas balanceadas, lipasas, proteasas, proteína.

ABSTRACT

This research is in and valuate the effect of inclusion of chitosan diet pelleted on digestive enzyme activity and chemical composition in juvenile red tilapia (*Oreochromis sp.*). It was carried out in the aquaculture laboratory on the “La María” Campus, belonging to the FCP of the Quevedo State Technical University, in the aquaculture laboratory, with a duration of 55 days for which 6 treatments with three repetitions were used in a DCA. Each of these treatments structured an experimental diet with different inclusion of chitosan at (0, 1, 2, 3, 4 and 5 %). A biometry was performed every 15 days, the analyzes of the enzymatic activity of protease, lipase and amylase, as well as the muscle bromatology, were carried out at the laboratory level. Where it was determined that the highest digestive enzymatic activity was expressed in treatments T4 and T5 with inclusion of 3 % and 4 % chitosan. While the highest value of protease enzymes was obtained in T5 (4 % chitosan in the diet). There was no statistical difference in the enzymatic activity of lipase, however, the highest value was presented in T4 (3 % chitosan in the diet). While in the amylase enzymatic activity the highest average was obtained in T2 (1 % chitosan in diet). In the bromatological analyzes of the tilapia muscle composition, the highest percentage of dry matter was recorded in T4 (3 % chitosan in the diet), with respect to energy the highest was obtained by T3 (2 % chitosan in diet). The highest carbohydrate content was obtained in T2 (1% of quito healed in the diet). The percentage of energy was related to the fat values, because the highest value was obtained in T3. It is concluded that the highest protease enzymatic activity was obtained in treatments T4 and T5 (3 and 4% chitosan in diet), in Lipases T4 (3% chitosan in diet) and in the enzymatic activity of proteases it was obtained in the T2 treatment (1% chitosan in diet). With respect to the bromatology of the muscle, almost homogeneous values were obtained.

Key words: biopolymer, balanced diets, lipases, proteases, protein.

CÓDIGO DUBLIN.

Título:	Actividad enzimática digestiva y composición química de juveniles de tilapia roja (<i>Oreochormis</i> sp.) alimentados con quitosano en dieta.				
Autor:	Alan Rodrigo Vera Veliz				
Palabras clave:	biopolímero	dietas balanceadas	lipasas	proteasas	Proteína
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2020.				
Resumen:	<p>Resumen. - La presente investigación consiste en evaluar el efecto de inclusión de quitosano en dieta peletizadas sobre la actividad enzimática digestiva y composición química en juveniles de tilapia roja (<i>Oreochormis</i> sp.). Se realizó en el laboratorio de acuicultura en el Campus “La María”, perteneciente a la FCP de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el laboratorio de acuicultura, con una duración de 55 días para lo cual se emplearon 6 tratamientos con tres repeticiones en un DCA. Cada uno de estos tratamientos estructuro una dieta experimental con diferente inclusión de quitosano al (0, 1, 2, 3, 4 y 5 %). Se realizó una biometría cada 15 días, los análisis de la actividad enzimática de la proteasa, lipasa y amilasa al igual que la bromatología del musculo, se realizaron a nivel de laboratorio. Donde se determinó que la mayor actividad enzimática digestiva se expresó en los tratamientos T4 y T5 con inclusión de quitosano al 3 % y 4 %. Mientras el mayor valor de enzimas proteasas se obtuvo en el T5 (4 % de quitosano en la dieta). En la actividad enzimática de la lipasa no existió diferencia estadística, sin embargo, el mayor valor se presentó en el T4 (3 % de quitosano en la dieta). Mientras que en la actividad enzimática de amilasas el mayor promedio se obtuvo en el T2 (1 % de quitosano en dieta). En los análisis bromatológicos de la composición del musculo de la tilapia, el mayor porcentaje de materia seca se registró en el T4 (3 % de quitosano en la dieta), respecto a la energía el mayor lo obtuvo el T3 (2 % de quitosano en la dieta). El mayor contenido de carbohidratos se obtuvo en el T2 (1% de quito sanó en la dieta). El porcentaje de energía relaciono con los valores de grasa, debido a que se obtuvo el mayor valor en el T3. Se concluye que la mayor actividad enzimática de proteasa se obtuvo en los tratamientos T4 y T5 (3 y 4 % de quitosano en dieta), en las Lipasas se obtuvo T4 (3 % de quitosano en dieta) y en la actividad enzimática de las proteasas se obtuvo en el tratamiento T2 (1 % de quitosano en dieta). Con respecto a la bromatología del musculo se obtuvo valores casi homogéneos.</p> <p>Abstract. - This research is in and valuate the effect of inclusion of chitosan diet pelleted on digestive enzyme activity and chemical composition in juvenile red tilapia (<i>Oreochromis</i> sp .). It was carried out in the aquaculture</p>				

	<p>laboratory on the “La María” Campus, belonging to the FCP of the Quevedo State Technical University, in the aquaculture laboratory, with a duration of 55 days for which 6 treatments with three repetitions were used in a DCA . Each of these treatments structured an experimental diet with different inclusion of chitosan at (0 , 1 , 2 , 3 , 4 and 5 %) . A biometry was performed every 15 days, the analyzes of the enzymatic activity of protease, lipase and amylase, as well as the muscle bromatology , were carried out at the laboratory level. Where it was determined that the highest digestive enzymatic activity was expressed in treatments T4 and T5 with inclusion of 3 % and 4 % chitosan . While the highest value of protease enzymes was obtained in T5 (4 % chitosan in the diet) . There was no statistical difference in the enzymatic activity of lipase, however, the highest value was presented in T4 (3 % chitosan in the diet) . While in the amylase enzymatic activity the highest average was obtained in T2 (1 % chitosan in diet) . In the bromatological analyzes of the tilapia muscle composition, the highest percentage of dry matter was recorded in T4 (3 % chitosan in the diet), with respect to energy the highest was obtained by T3 (2 % chitosan in diet) . The highest carbohydrate content was obtained in T2 (1% of quito healed in the diet) . The percentage of energy was related to the fat values, because the highest value was obtained in T3 . It is concluded that the highest protease enzymatic activity was obtained in treatments T4 and T5 (3 and 4% chitosan in diet), in Lipases T4 (3% chitosan in diet) and in the enzymatic activity of proteases it was obtained in the T2 treatment (1% chitosan in diet). With respect to the bromatology of the muscle, almost homogeneous values were obtained.</p>
Descripción:	98 hojas
URL.:	

INTRODUCCIÓN.

El nombre de tilapia viene del vocablo africano "pez", y deriva de la palabra "Thlapi" o "Ngege" del idioma "Swahili", población indígena que habita en la costa del lago Ngami (África) fue empleado por Smith en 1840. La tilapia tiene antecedentes históricos y bíblicos encontrando grabados egipcios 2500 años antes de cristo. A principios del siglo XX, la tilapia era ya un importante factor para la alimentación humana. Es quizás el pez más cultivado del mundo. En la década de los 80 la tilapia es introducida en el Ecuador como un cultivo artesanal, la especie seleccionada es un híbrido de tilapia, posiblemente *O. Mossambicus* x *Nicoticus* y/o *O. Nossambicus* x *O. Aureus*, produciendo una variedad roja altamente atractiva con rápido crecimiento y alta supervivencia, en particular para la producción de filete. En noviembre de 1993 se registra la primera exportación de producto congelado y afines de 1995 se comienza a exportar a escala industrial (1).

En los últimos años la producción de pesquera ha alcanzado alrededor de 171 millones de toneladas, de las cuales aproximadamente 88% es utilizado para consumo humano directo, con un consumo per cápita de 20,3 kg, gracias a la producción pesquera de captura relativamente estable, reducción de los desperdicios y acuicultura continuada (2). La tilapia es la sexta entre las especies más importante cultivadas y el segundo pez más importante de piscifactoría en todo el mundo. Su importancia se debe también a su accesibilidad, buena fuente de proteína de alta calidad y micronutrientes, la tolerancia a la producción intensiva y su rusticidad para adaptarse a cambios climáticos (3).

Los principales países productores de tilapia en los últimos años fueron china (1,8 millones de toneladas), indonesia (1,1 millones de toneladas), Egipto (875 mil toneladas), Bangladesh (324 mil toneladas), Vietnam (283 mil toneladas), Filipinas (261 mil toneladas), Brasil (219 mil toneladas), Tailandia (117 mil toneladas), Colombia (61 mil toneladas) y Uganda (57 mil toneladas). La producción de tilapia mundial (acuicultura y captura) ascendió a 6,4 millones de toneladas, con un valor estimado de USD 9,8 mil millones y el comercio en todo el mundo fue valorado en 1,8 millones de dólares (4). La acuicultura en el Ecuador se ha diversificado, el camarón es el producto principal de esta actividad, pero no el único. La tilapia es el cultivo que en los últimos años ha presentado un crecimiento notable en la actividad económica del país. Incentivado especialmente por miles de hectáreas, de

estanques camaroneros que fueron abandonados después del brote del “Síndrome de Taura” (5).

La tilapia se puede cultivar en sistemas intensivos y semi intensivos donde los requerimientos nutricionales se complementan con dietas artificiales completas. Las necesidades nutricionales deben mirar muchos aspectos, tales como: etapa de desarrollo especies, las demandas metabólicas, fase de crecimiento y potencial para adaptarse a los cambios ambientales. Sumando que los peces en cultivos se encuentran sujeto a un estrés constante que se puede traducirse en bajas tasas de crecimiento e ineficiencia alimenticia, así como presencia de enfermedades (6).

Actualmente los estudios nutricionales en la tilapia son necesarios para reducir los altos costos generados por la alimentación y para optimizar la utilización de los alimentos para lograr un mejor rendimiento de crecimiento de los peces. Parámetros como es el aumento de peso, el crecimiento y la supervivencia, entre otros, están comúnmente relacionados con la fuente de alimento, el contenido, la composición bioquímica de los ingredientes y las dietas, los cuales se utilizan como herramientas de la evolución para interpretar adecuadamente el desempeño de los peces por una dieta o ingrediente determinado. Existen otros marcadores biológicos valiosos que se utilizan para explicar el óptimo aprovechamiento de los alimentos, tal es el caso de la actividad enzimática digestiva y composición bioquímica, muscular (6).

Los vertebrados, incluyendo los peces poseen enzimas digestivas como las proteasas, lipasas y amilasas que les permiten digerir y absorber los nutrientes de los alimentos que consumen, sin embargo se ha encontrado variación en la actividad metabólica de estas, como resultado del tipo de alimento, hora de alimentación, estado fisiológico del organismo, entre otros, por lo que las enzimas digestivas pueden ser empleadas como una herramienta útil para determinar que los componentes dietéticos sean catalizados de manera más efectiva y que a su vez se pueda transformar en tejido tisular (7).

El escaso conocimiento sobre esta explotación, y el poco uso de biopotenciadores que puedan mejorar la actividad enzimática digestiva en la digestibilidad y absorción de alimentos, ha hecho que se desarrolle crianzas poco tecnificadas dando resultados perjudiciales a quienes emprenden esta actividad económica. Partiendo de lo anterior, la inclusión en la dieta bioestimulantes sobre la respuesta fisiológica pueden ser validados por la interacción de índices digestivos y ofrecer una ventaja fisiológica bioquímica y biológica en la tilapia. El uso de biopotenciadores como suplementación dietética entre los que ha

alcanzado auge el quitosano se considera una estrategia prometedora para disminuir la pérdida económica, dado que los gastos relacionados con el alimento pueden llegar a representar hasta el 70% del costo de producción en la acuicultura. El quitosano, se ha convertido en un candidato para promover la actividad metabólica y crecimiento en peces. Este polisacárido alcalino natural con cargas positivas, es uno de los polisacáridos naturales más abundante, es obtenido a partir de la quitina desacetilada. En la naturaleza forma parte del exoesqueleto de los artrópodos (crustáceos, arácnidos e insectos), las paredes celulares de los hongos y algunos órganos como las quetas de anélidos (8), como biopolímeros de carbohidratos biodegradable no tóxico (9), contiene grupos amino e hidroxilo (10), que da al quitosano muchas actividades biológicas, como hemostática (11), antiinflamatoria, actividad antitumoral, actividad antimicrobiana, actividad hipoglucémica e hipocolesterol y un efecto bioestimulador (12).

El efecto del quitosano en la dieta sobre la respuesta enzimática digestiva y composición química del músculo de los peces no ha recibido mucha atención, por lo que. La presente propuesta de esta investigación es evaluar el efecto del quitosano en dieta sobre la actividad enzimática digestiva y composición química de alevines de tilapia roja. Esperando aportar el conocimiento necesario para que los pequeños y medianos productores piscícolas en la zona de la provincia de los Ríos y Esmeraldas obtén por utilizar biopotenciadores como el quitosano el cual ayude a asimilar el alimento suministrado en dieta los que se traduzca en eficiencia, mayor rendimiento productivo y alta rentabilidad económica.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de Investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

La problemática actual que atraviesa la población en cuanto a la escasez de alimento saludable de origen animal, ha facilitado que se desarrolle múltiples crianzas de diferentes especies, para satisfacer las necesidades de la población una de ellas, es la crianza de tilapia que en los actuales momentos va tomando fuerza en nuestro país. El escaso conocimiento sobre esta explotación, y el poco uso de biopotenciadores que puedan mejorar la actividad enzimática digestiva en la digestibilidad y absorción de alimentos, ha hecho que se desarrolle crianzas poco tecnificadas dando resultados perjudiciales a quienes emprenden esta actividad económica, uno de los principales problemas es el costo elevado de la alimentación dentro de la explotación. La alimentación tiene un papel importante ya que representa entre el 65% y 70% de los gastos de producción, en las actividades acuícolas, además la suministración del balanceado no garantiza la digestibilidad y absorción de los nutrientes que este contiene. Intentando solucionar esta problemática, han surgido diferentes estrategias como la suplementación de potenciadores como el quitosano en la dieta para ayuda a incrementar la respuesta fisiológica y productiva de las especies en cultivo.

1.1.2. Diagnóstico.

El déficit de aplicaciones de bioestimulantes como el quitosano en dietas para tilapias pudiera deberse a la poca información disponible acerca de su efecto sobre la fisiología digestiva y composición bioquímica de peces, razón que motiva la investigación.

1.1.3. Pronóstico.

La incorporación del quitosano en dietas peletizadas, pretende estimular la actividad enzimática digestiva y composición química de alevines de tilapia roja.

1.1.4. Formulación del problema.

¿Qué efecto tendrá el uso de quitosano en dietas sobre la actividad enzimática digestiva y composición química de alevines de tilapia roja, en el Cantón Mocache?

1.1.5. Sistematización del problema.

¿Será que la inclusión de niveles de quitosano mejorará la composición química del tejido muscular de los juveniles de tilapia roja?

¿Qué acción tendrá la inclusión de niveles de quitosano en dieta sobre las enzimas digestivas?

¿Se encontrará una relación de incremento de la actividad enzimática digestiva y la composición química del musculo en juveniles de tilapia roja a medida que se incrementa los niveles de quitosano en dieta?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Evaluar el efecto de inclusión de quitosano en dieta peletizadas sobre la actividad enzimática digestiva y composición química en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp.).

1.2.2. Objetivos Específicos.

Determinar la actividad enzimática digestiva de lipasas, amilasas y proteasas en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) con la inclusión de quitosano en dieta.

Evaluar el efecto del quitosano en dietas peletizadas sobre los indicadores químicos: Energía, proteína, lípidos y carbohidratos de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp.).

Analizar si se establece una relación de incremento de la actividad enzimática digestiva y la composición química del musculo en juveniles de tilapia roja a medida que se incrementa los niveles de quitosano en dieta.

1.3. Justificación.

La acuicultura en el Ecuador se ha desarrollado en un intento de incrementar la producción de alimento de origen animal, sin tener presente la digestión y absorción de los alimentos suministrado en dieta a los peces. Teniendo como expectativa el crecimiento acelerado de peces o un incremento en la supervivencia de las primeras fases, las cuales son las más críticas en el proceso de producción. Un adecuado balance de nutrientes en la dieta incide en un mejor aprovechamiento del alimento por parte de los peces; esto mejorara el crecimiento y el rendimiento económico, a falta de dietas que garanticen el balance nutricional necesario en cada etapa de la producción de tilapia roja, además los productores comercializan la tilapia roja sin conocer el contenido nutricional del pez (ficha bromatológica) y la poca información sobre la digestibilidad de estos nutrientes a nivel enzimático digestivo se realizará esta investigación donde se suplementará al pienso niveles de quitosano para medir el efecto sobre la actividad enzimática digestiva y composición química en alevines de tilapia roja.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual.

Enzimas: Son biomoléculas de naturaleza proteica que aceleran la velocidad de reacción hasta alcanzar un equilibrio. Constituye el tipo de proteínas más numerosas y especializado y actúan como catalizadores de reacciones químicas específicas en los seres vivos o sistemas biológicos (13).

Quitina: La quitina es el segundo biopolímero más abundante en el reino animal como en el vegetal. La principal fuente de obtención a nivel mundial son los desechos industriales pesquera, fundamentalmente de los residuos de cangrejo y camarones (14).

Quitosano: El quitosano o Quitosana es un biopolímero natural que se obtiene de la quitina por método químicos, electroquímicos o enzimáticos. Químicamente es una Poli (D-glucosamina), por ello se considera un polisacárido biodegradable. El tamaño de la molécula depende de la especie y de la edad de los individuos dado que se obtienen desde un polímero biosintético (15).

Desacetilación: Es el proceso por el cual se hidroliza los grupos acetamida en medio fuertemente alcalino, a altas temperaturas. Generalmente la reacción se realiza en fase heterogénea empleando soluciones concentradas de NaOH o KOH (30-50%) a temperatura superiores a 100° (16).

Polisacárido: Los polisacáridos se obtienen de fuentes naturales, principalmente de origen vegetal. Los más utilizados para la formación de películas comestibles incluyen celulosa y sus derivados, almidón de diversas fuentes, gomas, cartageninas y alginato (17).

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Quitina.

Es un polisacárido lineal nitrogenado, blanco, duro y cristalino de origen natural, es el componente más importante en el exoesqueleto de los invertebrados, como (artrópodos, anélidos y moluscos). También se encuentra en las paredes celulares de los hongos y mohos. Es el segundo polisacárido más abundante en la naturaleza después de la celulosa, la estructura química de la quitina la encontramos en la figura 1 (18).

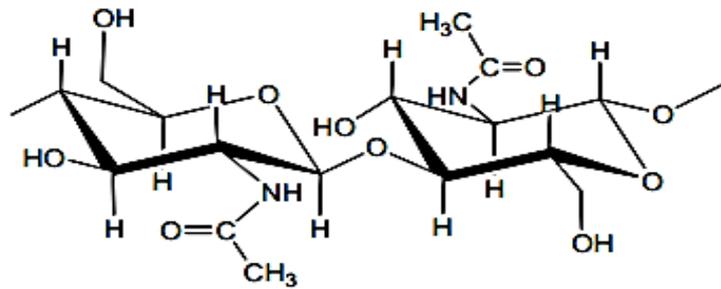


Figura 1. Estructura química de la quitina

Aunque la quitina contenida en los hongos tiene algunas ventajas, como la disponibilidad durante todo el año, mayor uniformidad en su composición y ausencia de sales en la matriz, se asocia a otros polisacáridos como el glucano, manano, celulosa y la poligalactosamina, lo que dificulta su aislamiento. En los animales se asocia algunos constituyentes tales como: colorantes, carbonato de calcio, lípidos y proteínas. Algunas de las fuentes animales de quitina más comúnmente explotadas son las siguientes (tabla 1) (19) .

Tabla 1. Composición química de algunas fuentes de materia prima para la obtención de quitina.

Origen	Composición Química %				
	Humedad	Proteína	Cenizas	Lípidos	Quitina
Caparazón de jaiba y cangrejo					
<i>Callinectes sapidus</i>	46.8	7	38.5	0.4	7.3
<i>Paralithodes camtschaticus</i>	50	11	23	0.5	15.5
<i>Chionectes opilio</i>	---	10.3	57.9	1.35	26.65
Camarón (langostino)					
<i>Penaeus spp.</i>					
Cabeza	77.04	12.9	5.2	2.06	2.8
Cáscara	65	22.1	9.2	0.5	6.2
Krill					
<i>Euphasia superba</i>		41	23	11.6	24
Langosta					
<i>Linuparus Trigonus</i>	13.5	17	54.7	---	---
<i>Pandalirus argus</i>	11.8	1.0 - 14.0	55	---	10.6
Pluma de calamar					
<i>Dosidicus gigans (clamar gigante)</i>	60	24.16	0.4	0.26	18.9
<i>Loligo spp. (calamar común)</i>	50	32.75	0.25	---	17

Fuente: (19).

Elaborado: Autor.

2.2.2. Quitosano.

El quitosano a diferencia de la quitina, raramente se presenta en la naturaleza. Se lo puede hallar de forma natural en las paredes de algunos hongos y plantas (por ejemplo, en *Mocur rouxii* y *Choanephora cucurbitarum*) donde llega a representar hasta un tercio de su peso pero, la fuente más importante del quitosano, a nivel industrial lo constituye la quitina, la cual mediante un proceso de desacetilación química o enzimática, permite producirlo a gran escala (20).

A diferencia de la quitina el quitosano es soluble en agua. Y esta solubilidad depende del grado de desacetilación que presente. Esto hace que sea más fácil trabajar con él que con la quitina, teniendo un amplio campo de aplicaciones tales como, el médico, el farmacéutico, alimenticio, agrícola, etc. (21).

2.2.2.1. Obtención del quitosano por desacetilación.

La principal reacción de derivación de la quitina (Figura.2a) es la hidrólisis de las funciones químicas acetamida para generar el polímero desacetilado quitosano. Aunque las amidas, en principio pueden hidrolizarse en condiciones ácidas o alcalinas, se excluye el uso de la hidrólisis ácida debido a la susceptibilidad de los enlaces glicosídicos de la quitina a dicho tratamiento. La reacción de N- desacetilacion (Figura 2b). corresponde a una hidrólisis en la que el ión hidróxido, fuertemente nucleofílico, ataca inicialmente al átomo de C carbonílico de la función química amida mediante un mecanismo de adición nucleofílica-eliminación (20).

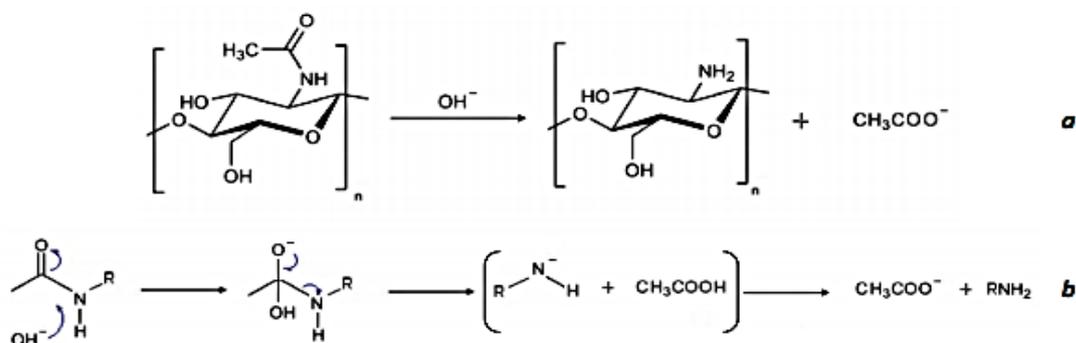


Figura 2. Mecanismo de reacción que interpreta a la reacción de desacetilación de la quitina para obtener quitosano. a) Reacción generalizada. b) Detalle del mecanismo de reacción.

Fuente: (9).

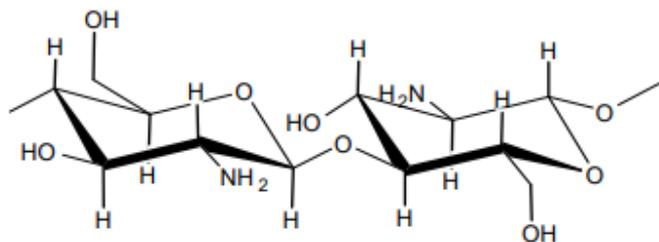


Figura 3. Estructura química del Quitosano

Fuente: (11)

Se disuelve fácilmente en soluciones diluidas de la mayoría de los ácidos orgánicos tales como ácido cítrico, tartárico fórmico y acético, y también en ácidos minerales a excepción del ácido sulfúrico. su grado de desacetilación varía desde un 60% hasta un 90% y los pesos moleculares se reportan de 50 hasta 2000 KDa, atribuyéndose esta heterogeneidad a la falta de control durante el procesamiento (22).

2.2.3. Aplicaciones del Quitosano.

Debido a su abundancia en el medio ambiente, su baja toxicidad, su composición y estructura del quitosano, además de su particularidad de asociarse y reaccionar con ciertas sustancias; ha permitido que el hombre aproveche bien, desde que descubrió y desarrollo al quitosano en varias partes del mundo, todas estas características han permitido desarrollar numerosas aplicaciones, propiedades terapéuticas que son aprovechadas en USA, Europa, Australia, Cuba y Asia. Debido a sus características funcionales y a su inocuidad se ha utilizado en la industria, en el tratamiento de aguas residuales y en procesos de purificación de agua potables y como plástico biodegradable (23).

El quitosano comercial es ofrecido habitualmente en forma de escamas o polvo. Los productos de diversas empresas difieren en la pureza, granulomacion, peso molecular promedio, color, solubilidad y desacetilación. Los principales productores son Japón y EEUU, China, India, Brasil y Chile (24).

2.2.3.1. Recubrimiento con quitosano.

Una de las principales aplicaciones del quitosano es como recubrimiento de verduras, flores y frutas; gracias a sus propiedades (biodegradable, no toxico, comestible, biocompatible y antimicrobiano) se ha convertido en una alternativa de gran interés (25).

2.2.3.2. Actividad antimicótica y antibacterial.

En el ámbito antimicótico el quitosano suprime la esporulación, evitando la reproducción y propagación de los hongos. Esta característica se ve favorecida por el descenso del pH, en el ámbito antibacterial por lo general las bacterias son menos sensibles que los hongos a la actividad antimicrobiana del quitosano y existen también discrepancia entre las bacterias gram positivas y gram negativas debido a las diferencias superficiales entre éstas (25).

En la actividad antimicrobiana del quitosano retrasa la actividad de los microorganismos, en el caso de hongos, este polímero ejerce un efecto antifúngico inhibiendo la formación de esporas e hifas. En contraste, la actividad antibacteriana del quitosano es más compleja y difiere entre bacterias gram-positivas y gram-negativas debido a la diferente composición de la superficie entre ambos tipos de bacterias (26).

2.2.3.3. Química analítica.

- Aplicaciones cromatográficas, intercambio de iones y absorción de iones de metales pesados
- absorción de ácidos
- fabricación de electrodos específicos para metales (27).

2.2.3.4. Biomedicina.

- Saturación biodegradable
- Agente cicatrizante en quemaduras
- Membrana de hemodiálisis
- Sistema liberado de fármacos
- Liberación de insulina
- Transporte de agentes anticancerígenos
- Tratamiento de tumores (leucemia)
- Control de virus SIDA

- Genera un efecto regenerador del tejido conectivo e las encías
- Es un acelerador de la formación de osteoblastos, responsables de la formación de huesos, y de la reparación de cartílagos y de tejidos (28).

2.2.3.5. Industria alimenticia.

Se ha utilizado como un agente eficaz para la coagulación de sólidos en suspensión en varios tratamientos de residuos en alimentos, tiene una actividad hipocolesterolémica e hipolipidémica; su uso mejora el valor nutricional convirtiéndose en un suplemento alimenticio (29).

2.2.3.6. Cosmetología.

Tiene propiedades fungistáticas y fungicidas, es la única goma natural catiónica que se vuelve viscosa en medio ácido. Este material es usado en lociones, cremas y lacas de uñas (29).

2.2.3.7. Agricultura.

Se usa como un controlador biológico y desencadenante. En la agricultura el quitosano se utiliza principalmente como un agente de tratamiento de la semilla natural y potenciador de crecimiento, sirve como biopesticida ecológico, aumenta el sistema defensivo de las plantas para resistir infecciones por hongos (30).

2.2.3.8. Industrial de autocuración.

Los revestimientos de autocuración tienen materiales de polímeros que contienen quitosano, tales como los que se utilizan en el revestimiento de automóviles para proteger la pintura. Cuando un rasguño daña la estructura química de la pintura, el quitosano responde a la luz

ultravioleta mediante la formación de cadenas químicas que se empiezan a formar la unión con otras sustancias que conducen a la degradación del acero (30).

2.2.3.9. Tratamiento de aguas.

El quitosano y la quitina son de suma importancia en esta área ya que son sustancias amigables. Entre los principales usos que tiene este biomaterial en la actualidad y algunos de sus derivados son:

- Coagulante primario para aguas residuales de alta turbidez y alcalina
- Flocculante para la remoción de partículas coloidales sólidas y aceites de pescado
- Captura de metales pesados y pesticidas en soluciones acuosas. Algunos copolímeros de injerto del quitosano muestran alta efectividad para remover metales pesados, especialmente los derivados de ácidos alquenodiólicos (31).

2.2.4. Acuicultura en el mundo.

En los años 70 la producción acuícola ha venido creciendo gradualmente contribuyendo a la seguridad alimentaria mundial, y de la cual el segundo grupo más importante de peces en el ámbito mundial es la tilapia, después de las carpas chinas (32).

En el 2018 el estado mundial de la pesca y acuicultura basado en las estadísticas oficiales de la FAO sobre pesca y acuicultura. La producción pesquera mundial estimó un máximo aproximadamente 171 millones de toneladas en 2016, de las cuales la acuicultura representó un 47% del total y un 53% si se excluyen los usos no alimenticios (incluida la reducción para la preparación de harina y aceite de pescado) (33).

La FAO estima que la producción de comida deberá crecer en un 70 % de aquí al 2050 para hacer frente a la demanda alimenticia de la población, a los cambios en la dieta relacionados con los incrementos en la renta de los países, la creciente urbanización y la expansión de megaciudades en los países en vías de desarrollo. En un mundo interconectado y globalizado estos cambios afectarán a todos los países del mundo sin excepción, aun cuando

su población aumente o no. Esta situación se agravará con los cambios climáticos, que generará alteraciones en los modelos productivos (32).

2.2.5. Acuicultura en el Ecuador.

La Acuicultura es una de las actividades ideada por el hombre para incrementar la producción de alimento, se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos. La acuicultura como actividad multidisciplinaria, constituye una empresa productiva que utiliza conocimiento sobre ecología, biología e ingeniería para ayudar a resolver el problema nutricional (34).

Casi la totalidad de la producción acuícola en el Ecuador es exportada, no hay un mercado que sea abastecido por esta actividad. Los diferentes destinos de exportación son La Unión Europea con el 38% del volumen total, seguido de Estados Unidos con 34% y Asia con un 24%. Los mayores compradores en Europa son España, Francia e Italia mientras que en los países asiáticos se encuentra Vietnam, China y Corea del Sur (35).

Uno de los productos acuícola de mayor importancia es la tilapia que pasó a ser el segundo producto a raíz del síndrome de Taura, una enfermedad que afectó a la industria camaronera. Esto sumado al virus de la Mancha Blanca en años anteriores, facilitó la introducción de la tilapia al mercado como una alternativa en los cultivos para suplir la baja producción de camarón (36).

Entre las variedades de la tilapia, Ecuador exporta la tilapia roja, un tetrahíbrido resultante del cruce entre cuatro especies del género *Oreochromis*. *O. mossambicus* (Mozambica), *O. niloticus* (Nilótico), *O. hornorum* y *O. aureus* (Aurea) (36).

2.2.6. Producción de Tilapia en el Ecuador.

La tilapia en el Ecuador es considerado uno de los principales productos en el hemisferio occidental, las principales zonas de cultivo son: Guayas, Samborondón, Chongón, Daule, El Triunfo, El Oro y las que se encuentran en desarrollo ubicadas en: Manabí, Esmeraldas y el Oriente- Lago Agrio- con una área estimada de 4.000 ha, y un rendimiento aproximado de

40.000 TM/año¹⁰ (37). El ministerio de Acuicultura y pesca indica que también se cultiva en Sucumbíos, Pastaza, Napo y Zamora Chinchipe, aun que también se observa en la Sierra (Cotopaxi, Bolívar, Loja y Azuay), en zonas donde el clima lo permite (38).

Entre las especies criadas por medio de la acuicultura, la tilapia presenta una gran adaptabilidad a diferentes condiciones del medioambiente. La mayoría de las tilapias cultivadas en estanques han demostrado ser resistentes a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, parásitos y enfermedades. Crecen rápidamente en aguas ricas en nutrientes y su alimentación es onnivora puede ser a base de plantas y animales, siendo su índice de mortalidad muy reducido; lo que la convierte en la especie ideal para cultivar (37).

En nuestro país la tilapia es cultivada bajo un sistema extensivo de muy baja densidad lo que la diferencia de otros cultivos de la misma especie, haciendo más sostenible y menos propensa a enfermedades. Se trata de un sistema de producción único en el mundo, pues se cultiva en aguas salobre (39).

2.2.7. Tilapia.

La tilapia es una especie de pez de origen africano y del cercano oriente, pero puede habitar en las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. Entre sus variedades destacan la tilapia del Nilo, la tilapia azul y la tilapia de Mozambique. Es un pez de aguas cálidas, con una temperatura óptima de 25 a 30 grados centígrados, puede vivir en agua dulce como salada e incluso se adapta a aguas poco oxigenada (40).

La tilapia roja es un pez tetrahíbrido, proveniente de 4 especies de Tilapia: *O. aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*. Con estos cruces se lograron características muy importantes: rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, mayor porcentaje de lomo, cabeza más pequeña, resistencia a bajas temperaturas y color más profundo y estable (41). Considerada como “la gallina del agua”, la tilapia roja es de color naranja tiene una aleta dorsal con 16 espinas duras y 12 a 13 suaves, una aleta anal con 3 espinas duras y 10 suaves más de 29 a 31 escamas a lo largo de la línea lateral; 5 escamas arriba y 12 debajo de la línea lateral (40).

2.2.8. Taxonomía.

Tabla 2. *Taxonomía de tilapia roja*

CLASIFICACION TAXONOMICA	
Dominio	: Eucariota
Reino:	: Metazoa (Animalia)
Subreino	: Bilateria
Rama	: Deuterostomia
Infrareino	: Chordonia
Phylum	: Chordata
Sub Phylum	: Vertebrata
Infra Phylum	: Gnathostomata
Superclase	: Osteichthyes
Clase	: Actinopterygii
Orden	: Perciformes
Suborden	: Percoidei
Familia	: Cichlidae
Genero	: Oreochromis

Fuent: (42).

Elaborado: **Autor.**

2.2.9. Morfología

2.2.9.1. Morfología Externa.

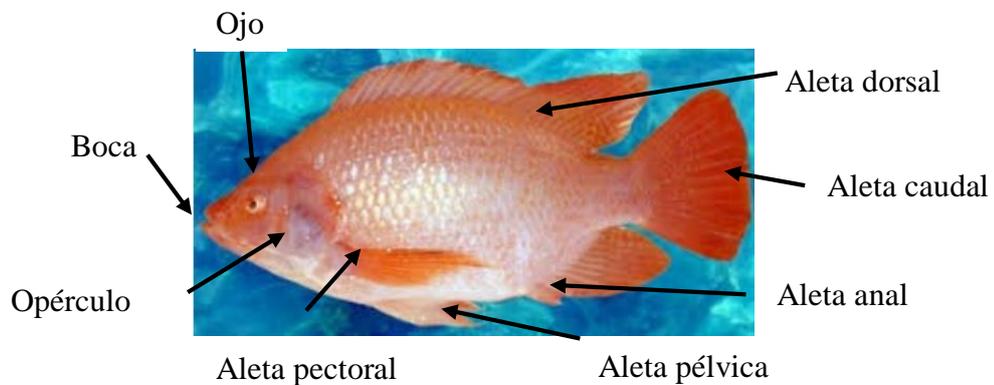


Figura 4 *Morfología Externa de la tilapia roja.*

Fuente: (43).

2.2.9.2. Morfología Interna.

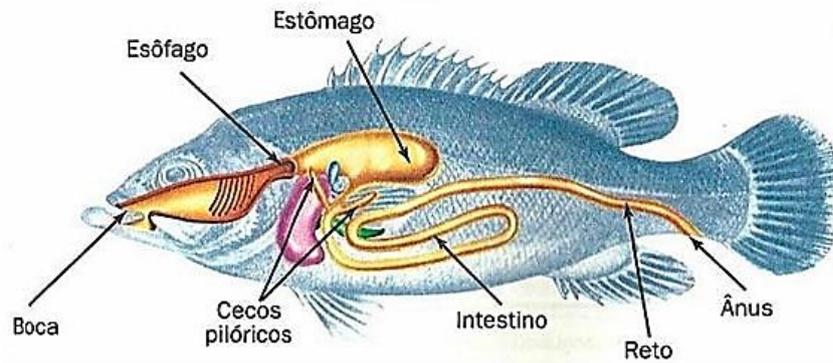


Figura 5 *Morfología Interna de la tilapia roja.*

Fuente: (44).

2.2.10. Estructura Histológica del musculo de Tilapia.

Histológicamente la estructura muscular del pescado esta formada por fibras musculares que a su vez estan costituidas por miofibrillas, miofilamentos, sarcomeros, etc. Estas fibras musculares, al agruparse y diferenciarse mediante fascias conectivas van a constituir la musculatura pariental. Esta musculatura presenta una disposición en fragmentos separados entre sí y diferenciados por tejido conectivo (45).

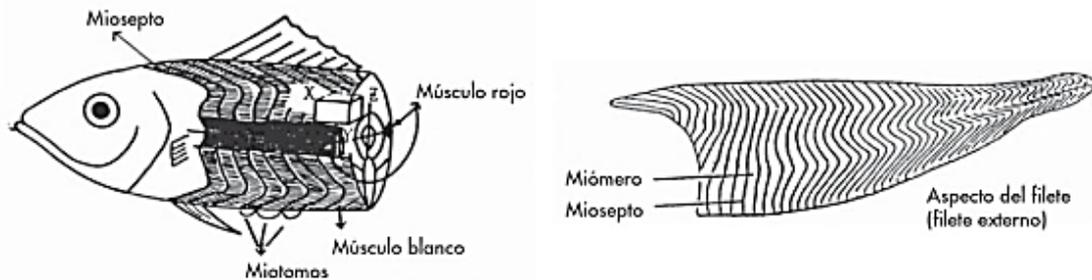
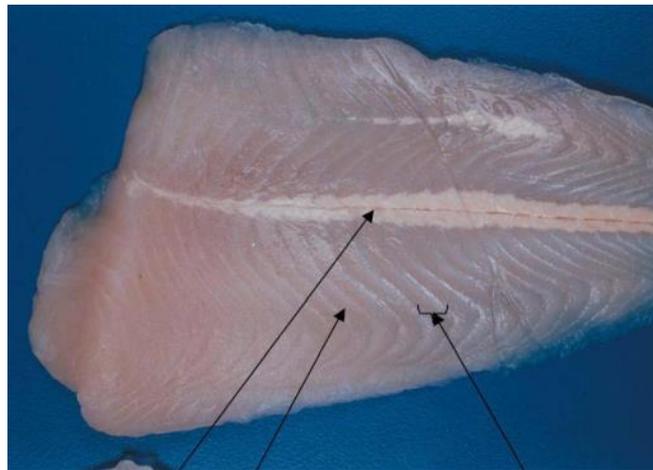


Figura 6 *Estructura Histológica del musculo de Tilapia*

Fuente: (45).

Los peces poseen dos tipos de fibras locomotoras dispuestas en capas: Fibras blancas o rápidas y fibras rojas o lentas, también existe una capa de fibras intermedias estas están dispuestas desde a ambos lados del cuerpo desde la cabeza hacia la cola. Las fibras blancas o de contracción rápida con baja cantidad de mitocondria, gotas lipídicas, glucógeno son de pobre vascularización a diferencia de esta las fibras rojas o de concentración lenta son altamente vascularizadas, alta cantidad de mitocondrias, gotas lipídicas y reservas de glucógeno, alta concentración de mioglobina y citocromos (46).



Septo horizontal Miosepto Miomero

Figura 7 Anatomía interna del musculo de pescado

Fuente: (45).

2.2.11. Composición química del musculo de tilapia roja.

La composición química de los peces (tabla 3), varía considerablemente, entre especies y entre individuos de la misma especie, entre los factores más importantes tenemos: sexo, edad, tejido muscular, estación del año medio ambiente, cambios sexuales relacionados con el desove y principalmente la alimentación. Los nutrientes más abundantes en el músculo del pez son: el agua, las proteínas, los lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales puesto que determinan propiedades muy importantes como el valor calórico, propiedades organolépticas, textura y capacidad de conservación (47).

Tabla 3. Composición química del musculo de tilapia roja.

Constituyentes	Pescado (Musculo)		
	Mínimo	Variación normal	Máximo
Proteína	6	16 - 21	28
Lípidos	0,1	0,2 - 25	67
Carbohidratos		< 0,5	
Ceniza	0.4	1,2 - 1,5	1,5
Agua	28	66 - 81	96
Minerales		0,1 - 1	
Vitaminas		A, B, D y E	

Fuente: (48).

Elaborado: Autor.

2.2.11.1. Proteína.

Basicamente el tejido muscular de los peces está conformado por:

Proteína estructurales (miosina, tropomiosina, actina y actomiosina), que constituye el 70-80% del contenido total de proteína (comparado con el 40% en mamíferos), ellas conforman el aparato contráctil responsable de los movimientos musculares. La composición de aminoácidos es aproximadamente la misma que la de los músculos de los mamíferos (49).

Proteína sarcoplásmica (globulina, mioalbúmina y enzimas), estas fracciones constituyen el 25-30 % del total de proteína donde la mayoría son enzimas que participan en el metabolismo celular (49).

Proteínas del tejido conectivo (colágeno), que constituye aproximadamente entre el 3 y el 10% del total de las proteínas, cantidad menor que el 17% que conforma el tejido de mamíferos. La distribución del colágeno puede reflejar el comportamiento natatorio de las especies además de indicar claramente que no es necesario más de este tejido ya que es el agua quien actúa como sostén de los órganos musculares y óseo de los peces. Así mismo es un componente mucho más termolábil que el colágeno de vertebrados de sangre caliente (49).

2.2.11.2. Lípidos.

Los lípidos presentes en los peces óseos pueden ser clasificados en 2 grandes grupos:

- ❖ Los fosfolípidos: constituyen la estructura integral de la unidad de membranas en la célula, por lo tanto, se los suele denominar lípidos estructurales.
- ❖ Los triglicéridos son lípidos empleados para almacenar energía en depósitos de grasas. Generalmente dentro de células especiales rodeadas por una membrana fosfolipídica y una red de colágeno relativamente débil. Los triglicéridos son llamados también depósitos de grasa. Algunos peces contienen cera esterificadas como parte de sus depósitos de grasa (50).

2.2.11.3. Energía.

Cuando hablamos de energía se hace referencia a un proceso dinámico cambiante destinado a producir trabajo. La energía no es un nutriente, sin embargo, es liberado durante la oxidación metabólica. Por ello para varias especies han sido determinadas las exigencias dietarias de los nutrientes en conjunto con las exigencias energéticas. La energía que sustenta las funciones metabólicas en los peces es básicamente originaria de las fuentes de los lípidos y sus constituyentes, los ácidos grasos que, con la proteína representan los principales nutrientes esenciales para los peces (51).

2.2.11.4. Carbohidratos.

Químicamente los carbohidratos son sustancias orgánicas que llevan en su molécula una o más veces la función de alcohol, y la función de aldehído o acetona. Aunque los carbohidratos no son un nutriente esencial, tiene importancia en las funciones biológica de los peces, constituyen una fuente básica de energía de algunos tejidos, son la fuente menos onerosa de energía y su utilización de dietas en acuicultura implica reducir costos. La ausencia de niveles adecuados de estos en la dieta ocasiona un catabolismo de proteína y lípidos para la síntesis de energía. A diferencia de una buena inclusión de carbohidratos en

la dieta puede disminuir el uso de la proteína para generar energía y minimizar la emisión de compuestos nitrogenados en el agua (51).

2.2.11.5. Agua.

Cuando menor es la actividad del agua en un alimento, mayor es su vida útil. Es importante distinguir entre cantidad de agua y actividad de agua. El primer término se refiere a la cantidad de agua total presente en un alimento, aun que puede ser que no este libre para interacciones. A diferencia que la actividad de agua hace referencia solo a la cantidad de agua libre en el alimento y disponible para reaccionar, es decir la que puede facilitar la contaminación del producto (52).

El contenido de agua en la carne de pescado magro fresco oscila entre el 65 – 80% cuando este valor se reduce por debajo de 25% aproximadamente, el deterioro por bacteria se frena, y por debajo de 15% las levaduras dejan de desarrollarse, puesto que los microorganismos compiten con los solutos por el agua que necesitan para crecer, el contenido de agua es entre otros uno de los factores que determina el estado de conservación del músculo del pescado (52).

2.2.11.6. Vitaminas y Minerales.

El contenido de vitaminas y minerales depende de la especie de pescado, además puede variar con la estación del año. Con respecto a los minerales la carne de pescado contiene una valiosa cantidad de calcio entre (10-100mg/100g) y fósforo (200-300 mg/100g), así como hierro, cinc y cobre. El contenido de sodio de los filetes frescos oscila entre (20-140 mg/100g) además, es buena fuente de potasio (200-400 mg/100g) (53).

Generalmente la carne de pescado es buena fuente de vitamina B, en caso de las especies grasas, también de vitamina A y D. de todas las vitaminas del grupo B sobresalen la tiamina (B₁), la riboflavina (B₂), y la niacina (B₃). Otra del grupo B que destacan es la vitamina B₁₂ sobre todo en especies cupleidas (sardina, arenque). En caso de las vitaminas liposolubles, se acumulan en órganos como el hígado frente al existente en la grasa intramuscular (53).

2.2.12. Enzimas Digestivas.

Las enzimas también dominadas catalizadores, capaces de acelerar las reacciones químicas en ambos sentidos, sin consumirse en ella, ni formar parte de los productos. La diferencia fundamental es que tienen gran especificidad de reacción o sea por el sustrato sobre el cual actúan (54).

Las enzimas digestivas presentes en el tracto digestivo de especies acuícola son de interés investigativo para determinar su función en la digestión de los alimentos y asimilación de nutrientes (55). En el proceso de digestión, la proteína del alimento es hidrolizado por las enzimas digestivas, las cuales catalizan las reacciones de hidrólisis incrementando la velocidad de la reacción, la mayor parte de los catalizadores son proteínas. Existen tres tipos de enzimas digestivas en los peces: (56).

- ❖ Enzimas secretadas por el páncreas, de forma minoritaria, por el estómago, en forma de gránulos de zimógeno o proenzimas inactivas. Estas proenzimas, no se originan en la boca, se activan en el estómago y sobre todo en el duodeno.
- ❖ Enzimas de membrana que se encuentran en pequeñas, proporciones en el quimo, pero que solo actúan, en condiciones normales, ligadas a la membrana de las microvellosidades. Todas las enzimas son intestinales y tienen la función de la degradación de los fragmentos de macromoléculas filtradas por la glicocálix.
- ❖ Enzimas del tubo digestivo localizadas fuera de la pared, por ejemplos los lisosomas. Aunque no se ha determinado si estas enzimas participan en la digestión celular (56).

2.2.12.1. Proteasas.

Antes del desarrollo de un estómago funcional, el proceso digestivo en las larvas de peces comienza en un ambiente alcalino, con la contribución de enzimas como la tripsina, quimiotripsina, carboxipeptidasa A y B entre otras. La tripsina es una endoproteasa secretada por el páncreas hacia el intestino en su forma precursora, el tripsinógeno. Cataliza la hidrólisis de aquellos enlaces peptídicos en que la función carbonilo es aportada por el resto de lisina o de arginina, con la secuencia de aminoácidos en la cadena (57).

Estas enzimas ha sido señalada como un indicador de la capacidad digestiva, debido a que se encuentra directamente relacionadas con el metabolismo de las proteínas y tiene la capacidad de activar otras proteasas como la quimotripsina y la catepsina (57).

2.2.12.2. Lipasas

Las lipasas son enzimas específicas que poseen la función de hidrolizar los enlaces éster en lípidos complejos liberando diglicéridos, monoglicéridos, glicerol y ácidos grasos asimilables por el organismo. Las enzimas que degradan los lípidos son la lipasa neutra no específica activada por co-lipasa y sales biliares. Los lípidos son emulsificados por las sales biliares que facilitan su digestión, estas enzimas actúan sobre los sustratos lipídicos liberando ácidos grasos los cuales son absorbidos por las paredes del intestino anterior y resintetizado intracelularmente antes de su transporte al hígado a donde llegan especialmente por vía linfática (58).

Las enzimas pancreáticas que actúan son:

- ❖ Lipasa Pancreática: Forma activa y única. realiza la hidrólisis o rotura de triglicéridos ingeridos en la dieta en monoglicéridos y ácidos grasos libres.
- ❖ Lipasa no específica: digiere lípidos neutros, ésteres de colesterol y ceras (59).

2.2.12.3. Amilasas.

Las amilasas la hidrolisi de los almidones y glucógeno. Se dividen en alfa y beta, o endo y exo amilasas. La alfa-amilasa está presente en el jugo pancreático de gran cantidad de animales, ya que hidroliza indistintamente enlaces a lo largo de la cadena del polímero hidrocárbónico, liberando moléculas de glucosa y maltosa. Por otra parte la beta-amilasa hidroliza a los carbohidratos por el extremo no reductor, y se restringen exclusivamente al reino vegetal (60).

2.2.13. Nutrición y respuesta bioquímica en peces.

El valor nutricional de un pienso depende en gran medida de la calidad proteica de este, del tipo y cantidad de aminoácidos que contiene, ya que establecen los aportes de nitrógeno y aminoácidos esenciales al organismo. Los procesos relacionados con la alimentación, comprenden varias etapas: comportamiento, que incluye la forma en que los peces buscan y consiguen su alimento; digestión y absorción, excreción y eliminación de desechos. Frecuentemente, los alimentos que se suelen suministrar a los peces no contienen todos los nutrientes que las especies requieren para su óptimo desarrollo, sobre todo en las primeras fases de vida (61).

La anatomía del sistema digestivo es de importancia, ya que nos ayuda a establecer una relación entre el comportamiento de los intestinos y los hábitos alimenticios desde el punto de vista bioquímico, la función básica de este sistema consiste en disolver o transformar los constituyentes del alimento en subunidades estructurales básicas. Las características anatómicas del aparato digestivo se encuentran en estrecha dependencia con la naturaleza del alimento, las características del hábitat, el estado nutricional y el desarrollo individual (51).

En la producción la nutrición y la alimentación están directamente relacionados al nivel de productividad y eficiencia económica de los sistemas de cría, promoviendo el mantenimiento de la salud de los peces, influenciando en su desempeño y consecuentemente en la calidad nutricional de su carne, producto final principal que será suministrado al mercado. La explotación de sistemas acuícolas implica riesgos financieros y ambientales (62).

El manejo nutricional incorrecto puede ocasionar no solo impactos negativos en la producción sino también genera enorme cantidad de residuos que afectan directamente la calidad del agua del ambiente. Además, como en el cultivo de peces en confinamiento no hay alimento natural en cantidad y en calidad para satisfacer las exigencias nutricionales de los animales es necesario suministrar raciones convencionales que atiendan tales requisitos nutricionales y energéticos para tener un desempeño zootécnico satisfactorio y mejor retorno económico de la actividad. (62)

Tabla 4. *Requerimiento de alimenticio de proteína, carbohidrato y lípido en dietas para tilapia.*

Nutrientes esenciales	Estadio	Requerimiento dietario
Proteína	Alevino/juvenil	45 - 60 / 35 - 45 %
	Engorde	25 - 35 %
	Reproductor	25 - 35 %
Carbohidratos	Alevino/juvenil	< 25 %
	Engorde	25 - 30 %
	Reproductor	No conocido
Proteína relación energética	Alevino/juvenil	120 / 110 mg/kg
	Engorde	103 mg/kg
	Reproductor	No conocido
Lípidos Totales	Alevino	5 - 8 %
	Adulto	8 - 10 %
Ω-6 EFA	Todos los estadios	0,5 - 1,0 %
Ω-3 EFA	Todos los estadios	0,5 - 1-0 %

Fuente: (63).

Elaborado: Autor.

Erico (64), evaluaron nanopartículas de quitosano y triptófano de sodio cargadas con y florfenicol para el transporte y liberación controlada de moléculas, las cuales presentaron buena absorción, estabilidad biocompatibilidad y baja toxicidad. Ya que podrían otorgar ventajas a la hora de proteger, transportar y liberar de forma controlada el fármaco en peces de interés económico. Los resultados obtenidos con espectrometría corroboraron la formación de nanopartículas de quitosano y triptófano de sodio que tienen potencial para atrapar y liberar controlada el fármaco evaluado.

Bustamante y Melol (65), elaboraron balanceado buscando alternativas de proteínas para este ensayo se tomó el follaje del matarratón (*Gliricidia Sepium*) y la cascara de camarón que es fuente de quitina como fuente de proteína para la preparación de un concentrado para alimentar peces de las especies Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*), sábalo (*Prochilodus nigricans*) Cachama negra (*Colossoma macropomum*). El objetivo de este ensayo es analizar si el balanceado propuesto tiene aceptación por parte de los peces que ya

se encuentran en etapa de engorde con un peso promedio de 150g, se evaluó la tasa de supervivencia, el incremento de la biomasa y el factor de conversión aparente del alimento. Los resultados obtenidos permiten concluir que estas fuentes alternativas de proteína en alimentos balanceados, si son factibles a ser usadas en las tres especies con resultados aceptables cercanos a los obtenidos con concentrados comerciales.

Tabla 5. Requerimiento de Vitaminas y minerales

Vitaminas esenciales	Requerimientos dietario	Minerales	
		esenciales	Requerimiento dietario
A	2.000 - 5.000 UI	Ca	0,3 _ 0,7 %
B1	2 - 60 mg/kg	P	0,5 - 1.0%
B2	5 - 60 mg/ kg	I	0,6 - 1,1 mg/kg dieta
B6	2 - 20 mg/kg	Mg	0,5 - 0,8 mg/kg dieta
C	50 - 1.250 mg/kg	Zn	20 - 30 mg/kg dieta
D	375 UI	Fe	< 17.05 mg/L
E	100 - 500 Ui o	Cu	< 1,27 mg/L
	50 - 100 mg/kg	Cr	2 mg/kg

Fuente: (63).

Elaborado: Autor.

Contreras (66), evaluó tres probióticos: la inulina, el β -glucano y el quitosano sobre el crecimiento, la capacidad digestiva y la actividad inmune no específica de la totoaba. Con este fin se elaboraron cuatro dietas isoproteicas e isolipídicas a tres de las cuales se les adiciono un prebiótico (inulina 1%, β -glucano 0.1% y quitosano 0.5%) y una sin probiótico. Cada tratamiento se evaluó por triplicado y para ellos se colocaron 15 juveniles en cada tanque con un peso promedio de 58 ± 3.5 g. los peces fueron alimentados 2 veces al día durante 56 días. Al final del bioensayo, el crecimiento, el índice hepatosomático y la eficiencia alimenticia no resulto en diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se realizó en el Laboratorio de Acuicultura en la Finca Experimental “La María”, FCP propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), localizada en el kilómetro 7 ½ de la vía Quevedo-EL Empalme, provincia de Los Ríos, cuya ubicación geográfica es de 01°06'13" de latitud sur y 79°29'22" de longitud oeste y a una altura de 73 msnm.

3.1.1. Condiciones Agroclimáticas.

En la tabla 6, se muestran las condiciones agroclimáticas de la región.

Tabla 6. *Condiciones Agroclimáticas.*

Datos Meteorológicos	Promedios
Temperatura media °C	25,80
Humedad relativa media %	84,00
Helifonía, anual, hora luz	995,00
Precipitación/mes	156,10

Fuente:

Elaborado: Autor.

3.2. Tipos de investigación.

La investigación pertenece al área Pecuaria, Nutrición y Alimentación Animal, línea de investigación comportamiento agronómico y mejoramiento de las características nutricionales y métodos de conservación de gramíneas, leguminosas, arboles forrajes y subproductos agropecuarios y residuos agroindustriales con fines de alimentación de los animales domésticos, desarrollando la aplicación de la acuicultura la que se ejecutó a través de una investigación experimental contribuyendo en la evaluación del efecto del quitosano

en la inclusión de dietas para juveniles de tilapia en respuesta al musculo y la actividad enzimática digestiva de alevines de tilapia roja.

3.3. Método de investigación.

3.3.1. Método inductivo.

Este método permitió ir de conocimientos generales a conocimientos particulares, con la finalidad de determinar el efecto de la alimentación de peces con balanceado convencional con inclusión del quitosano análisis sobre el perfil bromatológico y la actividad enzimática digestiva (67).

3.3.2. Método analítico.

Este método permitirá realizar los análisis del perfil bromatológico y la actividad enzimática digestiva con respecto a la respuesta de la inclusión de quitosano en la dieta de juveniles de tilapia roja.

3.4. Fuente de recopilación de Información

Las fuentes primarias, es la información que se recolecta en el tiempo de investigación. La fuente secundaria es la información que se recolecta de fuentes bibliográficas que están disponible es para todo tipo de personas (tesis de pregrado, tesis de magister, tesis doctoral, libros, revistas artículos científicos, etc.).

3.5. Diseño de la investigación.

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) bajo condiciones controladas de laboratorio durante 55 días, para un total de 6 tratamientos (0, 1, 2, 3, 4 y 5% de quitosano en dieta) con tres repeticiones (tanques de plástico), las dosis fueron establecidas a partir de resultados en otros trabajos realizados (68). Se empleó una densidad de 15 peces/tanque, los cuales se colocaron en 18 tanques operados con 90 L agua, para un total de 270 peces.

3.5.1. Esquema de analisis de varianza

En la tabla 7, se detalla el análisis de la varianza que se ha planteado en la presente investigación.

Tabla 7. *Esquema del análisis de Varianza (ANOVA).*

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Tratamiento	t-1	5
Error Experimental	t (r-1)	12
Total	tr -1	17

Elaborado: Autor.

Modelo matemático

$$Y_{ij} = u + t_i + E_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera en el (i) se refiere al efecto del tratamiento

T_i = Efecto del tratamiento

E_{ij} = Error experimental

U = Efecto de la media de la población

3.6. Instrumento de investigación.

3.6.1. Condiciones de cultivo de los peces.

Los alevines de tilapia roja fueron obtenidos del programa de tilapia de la Facultad de Ciencias Pecuarias en el campus “La María” y trasladados al Laboratorio de Acuicultura. Durante la semana de aclimatación. Los alevines de tilapia roja fueron desparasitados con Stress Zyme. Todos los tanques experimentales eran sifonados diariamente en las mañanas antes de alimentar para desechar las heces y alimentos sobrantes y el 20% de agua era reemplazado. Los alevines inicialmente fueron alimentados a una tasa del 5% de la biomasa día⁻¹ dividido en dos raciones 40% a las 9:00 horas y 60% a las 17:00 horas, las raciones diarias se ajustaron cada semana para minimizar la cantidad de comida sobrante.

Durante el período de cultivo se realizó el control de los parámetros físico-químicos del agua cada semana, la temperatura se midió con un termómetro de mercurio, se mantuvo temperaturas entre 25.0 y 26.0 °C, mientras que el oxígeno disuelto se evaluó con un oxímetro digital, dando valores rango entre de 4.06 a 5.0 mg L⁻¹. los demás parámetros químicos del agua se determinaron mediante la utilización del kit colorimétrico (Saltwater Master Test) manteniendo un pH de 7 a 8, amonio desde 0.05 a 0.08 mg L⁻¹, nitritos de 0.50 – 1.0 mg L⁻¹ y nitratos de 20 – 40 mg L⁻¹

3.6.2. Formulación y preparación de las dietas Experimentales.

En la presente investigación las dietas se formularon utilizando el software Linux (Tabla 8), las cuales se formularon y prepararon siguiendo los procedimientos sobre esta y otras especies. Todos los ingredientes se tamizaron con un tamiz de 250 µm, para el pesado de los niveles de inclusión de los ingredientes se usó una balanza digital con ± 0.5g de precisión. Cada dieta se preparó mezclando primeramente todos los macro ingredientes en una licuadora industrial hasta obtener una mezcla homogénea, luego los micro ingredientes también se mezclaron individualmente antes de agregarlos a la mezcla con los macro ingredientes, los aceites se mezclaron de la misma manera hasta obtener un homogenizado. Durante este proceso se añade 30% de su peso en agua.

Tabla 8. *Formulación y composición química de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de quitosano.*

Ingredientes	Niveles de Quitosano en Dietas (%)					
	0	1	2	3	4	5
Harina de pescado ²	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50	47.00
Pasta de soya ⁴	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
Harina de trigo ¹	13.90	13.90	13.90	13.40	12.90	11.90
Harina de maíz ¹	4.00	3.00	2.00	1.50	1.00	0.50
Quitosano ⁵	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Aceite vegetal ¹	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aceite de pescado ³	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Alginato de sodio ⁶	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Premezclas minerales ¹	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezclas vitamínicas ¹	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Vitamina C ¹	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Composición proximal real (% Materia Seca)

Materia seca	94.68	93.77	94.02	94.28	93.80	93.99
Ceniza	8.20	9.30	10.10	10.22	12.01	9.80
Grasa	7.15	7.24	8.01	7.84	7.18	8.02
Proteína	32.07	32.22	32.47	32.30	32.22	32.17
Fibra	5.63	5.86	5.92	6.18	6.66	6.81
Energía (kJ/g) *	46.95	45.38	43.50	43.46	41.93	43.20
E. L. N. N [‡]	18.38	18.18	18.22	18.11	17.57	18.10

¹ Supermaxi: Quevedo. ² Comercial "El Gordillo" - Santo Domingo de los Tsáchilas. ³ Santa Elena ⁴ Valencia (Avícola) ⁵ China ⁶ México. [‡] E. L. N. N: (Extracto libre de nitrógeno) = 100 - (% de proteína cruda + % grasa cruda + % ceniza + % fibra). *Calculado usando factores 23.4 kJ/g, 39.2 kJ/g, 17.2 kJ/g de proteína, grasas y carbohidratos, respectivamente (69).

Las dietas se elaboraron con un molino de carne y se obtuvieron pellets de diámetro de 2 mm. El producto obtenido fue secado durante 8 horas a 45 °C en un horno de flujo de aire. Posteriormente los gránulos de pellets secos se envasaron en bolsas de plástico y fueron almacenadas en refrigerador a -4 °C hasta su uso. Para determinar la bromatología de

ingredientes y dietas (Tabla 8), se llevaron a cabo análisis de laboratorio siguiendo los respectivos protocolos de la AOAC.

3.6.3. Variables evaluadas.

Una vez terminado del periodo de cultivo, fueron diseccionados el tejido muscular y los intestinos, los cuales fueron puestos en bolsas de plástico por separado y se almacenaron a -80 °C hasta su análisis. Los análisis fueron realizados por triplicado.

3.6.3.1. Composición química del musculo de juveniles de tilapia.

Los métodos empleados fueron conforme los establecidos por la AOAC, los cuales se describen a continuación. Para la determinación de la *materia seca* se trabajó por muestra, se tomó el dato del peso del crisol con 1.5 gramos de muestra, y se lleva a la estufa durante 24 horas a 65 °C, luego se realizaron los cálculos por los cuales salió también la *humedad*. Para la determinación de la *grasa* (técnica de extracción Soxhlet) se pesó 1 g de muestra por tratamiento y se lo envolvió en papel filtro correctamente enumerados, luego de esto se añadió 40 ml de éter de petróleo en cada vaso junto con la muestra y se colocaron en el extractor de grasas durante 90 minutos, después de extrajerón del determinador de grasa, se secaron y se hicieron los cálculos correspondientes.

En el proceso de la *energía* se tomaron muestras por tratamiento y repetición 1.5 gramos dentro de una pastilla metálica, se añadió 10 cm de alambre que hizo contacto con la muestra y la bomba calorimétrica; se introdujo la pastilla dentro de la bomba y se incorporó 30 atm de oxígeno para luego sumergir la bomba calorimétrica en agua destilada a una temperatura de 19 a 20 °C. En el transcurso se anotó la temperatura cada 5 minutos y luego se extrajo el oxígeno, luego se lavó con agua destilada y se colocó en un matraz en donde se le añadieron 5 gotas de fenol, solución de carbonato y se agitó hasta que tomó un tono fucsia, finalmente se realizaron los cálculos correspondientes.

Para la obtención de *ceniza* cada muestra fue incinerado a 550°C colocada en Mufla. Para determinar el contenido de *proteína* fue por el método de Kjeldahl mismo que evaluó el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en

presencia de un catalizador de mercurio o selenio. El extracto libre de nitrógeno fue determinado por medio del sistema Weende.

(Ecuación 1)

Fórmula para calcular la Energía.

$$Hg = (Tw - e1 - e2 - e3) / m$$

Donde:

Hg = Calor de combustión Cal/gr

T = Temperatura final – Temperatura inicial

W = Energía equivalente del calorímetro 2410,16

e 1 = Milímetros consumidos de sol. Carbonato de sodio

e 2 = (13,7 x 1,02) peso de la pastilla

e 3 = cm. Del alambre restante x 2,3

m = peso de la pastilla

(Ecuación 2)

Fórmula para calcular Lípidos.

$$\% G = (W2 - W1) / W0 \times 100$$

Donde:

G = Porcentaje de grasa

W0 = Peso de la muestra

W1 = Peso del vaso beaker vacío

W2 = Peso del vaso más la grasa

(Ecuación 3)

Fórmula para calcular Proteínas.

$$\%PB = ((VHCl-Vb) * 1,401 * NHCl) / (g muestra) * F$$

Donde:

1.401 = Peso atómico del nitrógeno

NHCl = Normalidad De Ácido Clorhídrico 0.1 N

F = Factor de conversión (6.25)

VCHL = volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación

Vb = Volumen del blanco (0.5)

(Ecuación 4)

Fórmula para calcular Hidratos de carbono

$$\%HC = 100 - (\% \text{ de proteína cruda} + \% \text{ grasa cruda} + \% \text{ ceniza} + \% \text{ fibra}).$$

(Ecuación 5)

Fórmula para calcular Materia Seca.

$$\%MS = [(\text{peso inicial húmedo} - \text{peso seco}) / \text{peso inicial húmedo}]$$

3.6.3.2. Actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia.

Los extractos enzimáticos fueron obtenidos por medio de la maceración de las muestras de intestinos en una solución de buffer tris-HCl 30 mM, 12.5 mM de CaCl₂ a un pH de 7.5. Los extractos se centrifugaron a 14,000 rpm durante 15 minutos a 4°C. El sobrenadante obtenido fue almacenado en tubos Eppendorf a -20°C para su posterior análisis enzimático. Todos los análisis fueron realizados por triplicado. Para poder reportar las unidades de actividad enzimática por mg de proteína, primeramente se determinó la concentración

de proteína soluble de cada muestra, se utilizó la técnica de análisis Bradford. A 5 μ l de extracto problema se le añadió 1 mL de reactivo de Bradford y se agitó en vortex. La densidad óptica (DO) se midió a ABS_{595nm} en un espectrofotómetro uv/visible entre los 15 y 60 minutos del comienzo de la reacción colorimétrica. La recta patrón se llevó a cabo con una solución estándar de albúmina bovina (1 mg/mL).

El análisis de proteasa se realizará de acuerdo con la técnica de Anson, con las siguientes modificaciones: a 1 mL de hemoglobina (0.5%) en tampón 0.1 M glicina-HCl a pH 2.0 se le añadió 20 μ l de extracto enzimático. El extracto se incubó durante 30 minutos a 37 °C y la reacción se detuvo por adición de 0.5 mL de ácido tricloroacético (TCA al 20%). Después de reposar la mezcla de reacción (15 a 30 minutos) a 4 °C, se centrifugó a 12000 rpm durante 5 min. En el sobrenadante, se midió la cantidad de tirosina liberada (ABS_{280nm}) mediante un espectrofotómetro uv/visible. Una unidad de actividad se definió como la cantidad de enzima que cataliza la formación de 1 μ g de tirosina por minuto. Para determinar el coeficiente de extinción molar de la tirosina, se realizó un recta patrón con diferentes concentraciones de tirosina (de 0 a 300 μ g/mL).

La actividad específica de amilasa se determinará de acuerdo con el método de Bernfeld modificada, utilizando almidón como sustrato y maltosa como estándar. El extracto se valoró incubando a 37 °C de la siguiente forma: 10 μ l de extracto con 0.25 mL de almidón soluble 1% (p/v) en 0.25 mL de tampón 0.1M citrato-fosfato pH 7.0. Después de 30 minutos tiempo de incubación, se midieron los azúcares reductores con ABS_{600nm}. Para determinar el coeficiente de extinción molar de la maltosa se construyó una curva patrón con distintas concentraciones de maltosa. Se definió una unidad como la cantidad de enzima que libera 1 μ g de maltosa por minuto.

La actividad específica de la lipasa se evaluó según el método de de Versaw et al, en el cual a 100 μ l de tauricolato de sodio (100 mM) y a 1.9 ml de Tris HCl 50mM (pH=7.2) se le agregó 20 μ L de extracto enzimático, se incubó a temperatura ambiente por 5 min y se inició la reacción con 20 μ l de B-naftil caprilato (200mM) por 30 min a 37°C. Se le agregó 20 μ L de fast blue (100 mM) y se incubó por 5 minutos a temperatura ambiente. Se detuvo la reacción con 200 μ l de TCA (0.72 N), y se clarificó la reacción con 2.71 ml de etanol acetato de etilo (1:1 v/v). Se agitó en el vortex y se leyó la ABS_{540nm} en cubetas de vidrio o cuarzo. De la misma manera, la unidad lipasa se definió como la cantidad de enzima requerida para incrementar 0.01 unidades de ABS_{540nm} por minuto.

La actividad específica se representó como las unidades de enzima por miligramo de proteína (U/mg de proteína).

(Ecuación 6)

Cálculo de la actividad en unidades por ml.

$$\text{Unidad / mL} = (\Delta\text{abs} \times \text{volumen final}_{\text{reacción}} \text{ (mL)}) / (\text{CEM} \times \text{tiempo (min)} \times \text{volumen extracto (mL)})$$

(Ecuación 7)

Cálculo de la actividad en unidades por mg de proteína soluble en el extracto.

$$\text{Unidad / mg de proteína} = (\text{Unidad / mL}) / (\text{mg proteína soluble / mL})$$

Dónde:

Una unidad de actividad enzimática (U) se define como la cantidad de enzima necesaria para cambiar la absorbancia 0.001. Δabs el incremento de absorbancia a una determinada longitud de onda; volumen final de reacción, el volumen final de la reacción; CEM, el coeficiente de extinción molar del producto obtenido calculado de la recta de regresión ($\text{mL} \times \text{mg}^{-1} \times \text{cm}^{-1}$).

3.7. Tratamiento de los datos.

El análisis estadístico de los resultados se presentó como medias \pm desviación estándar (SD). Las pruebas de Kolmogory – Smirnov ($P < 0.05$) y Bartlett ($P < 0.05$) fueron aplicados previo al análisis de varianza (ANOVA). Cuando se observaron valores significativos para F, se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan para comparar las diferencias entre medias de los tratamientos, en $P < 0.05$. se aplicó el software Infostat. Todos los datos porcentuales fueron transformados en Log_n antes de los estadísticos. En la tabla 9 se muestras los tratamientos empleados.

Tabla 9. *Esquema de Tratamientos Experimentales.*

Tratamiento	Inclusión de Quitosano en Dieta Peletizada
T1	0% (Testigo)
T2	1%
T3	2%
T4	3%
T5	4%
T6	5%

Elaborado: Autor.

3.8. Recursos humanos y materiales.

3.8.1. Recursos humanos.

Dr. Yuniel Méndez Martínez (Director del proyecto de Investigación).

Alan Rodrigo Vera Veliz (Autor del proyecto de investigación).

3.8.2. Materiales e insumos

A continuación se mencionan materiales, equipos e insumos empleados para la investigación.

- Tamiz malla de 250 μm .
- Licuadora industrial.
- Molino de carne.
- Estufa.
- Bolsas plásticas.
- Balanza analítica.
- Recipientes de plástico.
- Bomba para agua
- Harina de trigo
- Harina de pescado.
- Harina de maíz.
- Pasta de soya.
- Aceite de pescado.
- Aceite vegetal.

- Pie de rey digital.
- Tanques de plásticos (100 L).
- Tubos PVC.
- Termómetro.
- Kit colorímetro.
- Medidor de oxígeno.
- Termostato.
- Pipeta.
- Guantes.
- Algodón.
- Tijera quirúrgica.
- Hielera.
- Funda hidratada para preservar muestras biológicas.
- Mortero
- Bata
- Botas
- Guantes
- Lápiz.
- Botiquín de primeros auxilios
- Vitamina C.
- Premezcla mineral.
- Premezcla vitamínica.
- Alginato de sodio.
- Quitosano.
- Stress Zyme (desparasitante)
- Eugenol.
- Alcohol.
- Espectofotometro
- Alevines de tilapia roja.
- Tubos Eppendorf
- Micropipetas
- Centrifuga
- Baño María
- Computadora.
- Impresora.
- Cámara fotográfica.
- Hojas A4.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición química del tejido muscular en juveniles de tilapia

4.1.1. Materia seca.

Según el análisis estadístico para materia seca (Tabla 10), indica que los tratamientos T2, T3, T4, T5, T6 no presentaron diferencias estadísticas entre si ($P > 0.05$). No obstante, el T4 (3% de quitosano en la dieta) obtuvo el mayor valor con 21,26% presentando diferencia estadística ($P < 0.05$) para el T1 (tratamiento testigo) que obtuvo el menor valor de materia seca con 17,79%). Los datos expresados son similares a los obtenidos por Fald *et al.* (70), al trabajar 3g/kg de adicción de quitosano a la dieta de tilapias obteniendo el mayor porcentaje de materia seca con 21,12%. Mirabent *et al.* (71), en su investigación de evaluación nutricional de tres piensos comerciales en tilapia en estado de alevin en Cuba, obtuvo un porcentaje de materia seca menor al obtenido en este estudio con un valor de 18,96% trabajando con un 10% de harina de pescado.

También contrastan con los resultados de Soltan *et al.* (72), en su estudio de crecimiento y utilización de piensos en tilapias del Nilo; obteniendo un porcentaje de materia seca en 12 semanas de 7,44% usando biogen un aditivo comercial a base prebióticos de adicción a la dieta en el nivel D1 (1g).

Wu-Shengjun (73), expresa que en dosis correctas no superiores a 6g Kg⁻¹ empleadas en dieta de tilapias resulta beneficioso debido a que el quitosano tiene actividades antibacterianas e inmunológicas e inhibe el crecimiento de infecciones bacterianas y virales, aumentando el rendimiento y el porcentaje de materia seca.

4.1.2. Cenizas.

Para la variable química ceniza (Tabla 10), no existió diferencia estadísticas en ninguno de los tratamientos ($P > 0.05$). El mayor valor promedio de ceniza lo obtuvo el T4 (3% de quitosano con un porcentaje de ceniza de 5,81%. el menor promedio de ceniza lo presentó. Shirn *et al.* (74), al realizar un análisis químico bromatológico en tilapias obtuvo un contenido materia seca inferior, al registrado en esta investigación con un porcentaje de

ceniza 3,50%. Mientras que Zaki *et al.* (75), en su estudio de dietas con suplementación mananos oligosacáridos (MOS) y quitosano en alevines de lubina por 75 días obtuvo como resultado, que la combinación de quitosano y mos en elaboración de dietas mixtas podrían mejorar el rendimiento, crecimiento y reducir la mortalidad en lubina, en niveles de concentración de 1 y 2gKg de dieta⁻¹ debido a los efectos sinérgicos de ambos compuestos. Obteniendo un porcentaje de cenizas 7,10%, superior al obtenido en este estudio. También indica que el quitosano, tiene características biológicas favorables que promueven el rendimiento por lo tanto puede aumentar el porcentaje de ceniza, mejorando la inmunidad y la supervivencia en peces.

4.1.3. Proteínas.

Para la variable química proteína (Tabla 10), según el análisis de ANOVA para los tratamientos T2, T3, T4, T5; no presentaron diferencias estadísticas entre sí ($P > 0.05$). El T4 (3% de quitosano en la dieta) presentó el mayor promedio con un valor de proteína del 70,58% presentando diferencia significativa ($P < 0.05$) sobre los tratamientos T1 y T2 que obtuvieron los menores porcentajes con 55,77 y 42,92% (ver tabla 12).

Los resultados manifestados son superiores a los obtenidos por Liu *et al.* (76), en su estudio de manipulación dietéticas a tilapias en estado juvenil mejoradas genéticamente, obtuvo un valor de 16,28% porcentaje obtenido de los músculos de las tilapias en estado joven, trabajando con un grupo control (H40), alimentando continuamente con una dieta que contenía 35% de proteína tres veces al día durante 40 días. También aporta que la tilapia necesita una dieta diaria con un contenido que este el rango del 30 al 35 % más de una vez al día debido que dietas menores al 25% de proteína al día son insuficientes para un crecimiento eficaz. Mientras que Dietz y Liebert (77), en su investigación de proteínas alternativas y la utilización de N en tilapias del Nilo obteniendo un porcentaje de proteína de 22,66 en 56 días trabajando con adición de harina de insectos al 25%, 50% o 100% .

Faldl *et al.* (70), en su investigación de evaluación de efectos del quitosano sobre el rendimiento, crecimiento, inmunidad, composición corporal e histopatología de la tilapia del Nilo; obtuvo el mayor porcentaje de proteína en la inclusión de 3g de quitosano a la dieta,

también Fald *et al.* , añade que el quitosano ayuda en el mejoramiento de la calidad nutricional de la carne de tilapia.

4.1.4. Lípidos.

Para la variable química grasa (Tabla 10), existió diferencia estadística el mayor valor lo obtuvo el tratamiento T2 (2% de quitosano en la dieta) con 6,72%. El menor promedio lo obtuvo el tratamiento T5 (4% de quitosano en la dieta) con 3,51%. da Silva *et al* (78), menciona que la inclusión de quitosano en especies acuáticas de interés es relativamente importante debido a que actúa como un inmunoestimulante promotor del crecimiento y rendimiento.

Ali *et al.* (79), en su análisis químico de tilapia para consumo en lata obtuvo un contenido de grasa de 1,97%, este resultado es inferior al obtenido en esta investigación. Mientras Miao *et al.* (80), expresa que el quitosano juega un papel importante en la regulación del metabolismo de las grasas, también mejora el metabolismo lipídico y disminuye las concentraciones séricas de colesterol en langostinos y pescados.

4.1.5. Hidratos de carbono

Para la variable química carbohidratos (Tabla 10), existió diferencia estadística estadística ($P < 0.05$) para los tratamientos T1 y T2 que se diferenciaron de los tratamientos T3,T4,T5,T6, que no presentaron diferencia estadística ($P > 0.05$)entre sí. El tratamiento T2 presento mayor con valor con 47,12%, seguido del T1 con 35,02 %, el menor valor lo obtuvo el T3 con 14,03%.

Mass *et al.* (81), en su investigación de utilización de carbohidratos para la alimentación de tilapias en un enfoque meta analítico, obtuvo un porcentaje de carbohidratos digeribles de 22,20%, un valor inferior al obtenido en esta investigación.

Mientras que Naiel *et al* (82), en su estudio del papel antioxidante y de inmunidad del quitosano en la alimentación de tilapias por 72 días expresa, que los valores más altos en análisis químicos lo presentaron la dieta que incluída una suplantación de quitosano y vitamina c, en comparación con el alimento básico;obteniendo un valor en carbohidratos de 39,20%. También indica que la suplementación del 1% de quitosano en la dieta mejora notablemente la respuesta inmunitaria y la resistencia a las enfermedades, también menciona que las dietas que contienen quitosano juegan un papel esencial en la prevención al daño del efecto toxicológico al medio ambiente acuático.

4.1.6. Energía

Según el análisis de anova para la variable energía (Tabla 10), no existió diferencia estadística ($P > 0.05$). El mayor valor lo presentó el T3 (3% de quitosano en la dieta) obtuvo el mayor valor con 4,317Mcal. La menor cantidad de energía la presentó el tratamiento T5 (4% de quito sano en la dieta) con 3,908Mcal.

Baldissera *et al.* (83), en su estudio de la colina vegetal mejora el rendimiento, crecimiento, metabolismo energético y capacidad antioxidante en tilapias en estado de alevin VC / kg de alimento por 60 días. Obteniendo un total de energía de 3,25 Mcal una cantidad inferior al obtenido en este estudio. Mientras que Abdel *et al.* (84), en su investigación del efecto de las nanopartículas del quitosano en la dieta analizando el crecimiento la reproducción y su inmunidad de *Oreochromis niloticus*, obtuvo un valor similar al de este estudio al trabajar en la inclusión de 0,25g/kg de nanopartículas quitosano en la dieta durante 45 días. También expresa que la adición de quitosano es importante tilapias a sus características fisicoquímicas y su biocompatibilidad. El aumento de energía en dietas con inclusión de quitosano se puede deber a lo que indica Qiu *et al.* (85), que la molienda del quitosano comprende un alto contenido de energía su absorción estaría delimitada por la cantidad y tamaño de la partícula.

Tabla 10. Composición química (media \pm DE) del musculo en base seca de juveniles de tilapia roja, alimentados con inclusión de quitosano en dieta.

Variables (%)	Tratamientos						CV %	F	P <0,05
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			
Materia Seca	17.79 \pm 0.31a	18.82 \pm 2.39ab	18.84 \pm 1.91ab	21.26 \pm 1.31b	20.01 \pm 0.79ab	20.86 \pm 0.18b	2.52	2.63	0.0786
Proteínas	55.77 \pm 17.76a	42.92 \pm 13.92a	75.77 \pm 0.80b	70.58 \pm 10.50b	71.42 \pm 5.52b	74.50 \pm 2.14b	12.56	7.52	0.0021
Lípidos	5.08 \pm 4.22b	4.43 \pm 2.68ab	6.72 \pm 1.16a	4.34 \pm 0.73ab	3.51 \pm 1.89ab	3.71 \pm 0.92ab	35.75	4.55	0.0147
Hidratos de carbono	35.02 \pm 14.0 0b	47.12 \pm 6.82b	14.01 \pm 0.94a	18.83 \pm 10.16a	17.87 \pm 6.40a	17.42 \pm 2.42a	32.34	7.84	0.0017
Ceniza	4.14 \pm 0.92	5.78 \pm 1.05	4.92 \pm 0.28	5.81 \pm 0.30	5.09 \pm 0.25	5.1 \pm 0.70	11.93	0.90	0.536
Energía Bruta (Mega caloría)	4.053 \pm 0.63	4.209 \pm 0.52	4.317 \pm 0.39	4.053 \pm 0.48	3.908 \pm 0.38	4.08 \pm 0.59	12.33	0.24	0.9348

Elaborado: Autor.

4.2. Actividad Enzimática digestiva en juveniles de tilapia roja

4.2.1. Proteasas

Según análisis de varianza se encontró diferencia significativa para la variable proteasas, donde los tratamientos T3, T4, y T5, presentaron diferencia estadística ($P < 0.05$) sobre los demás tratamientos con promedios de 53,31 y 54,05 U/mg (Figura 8).

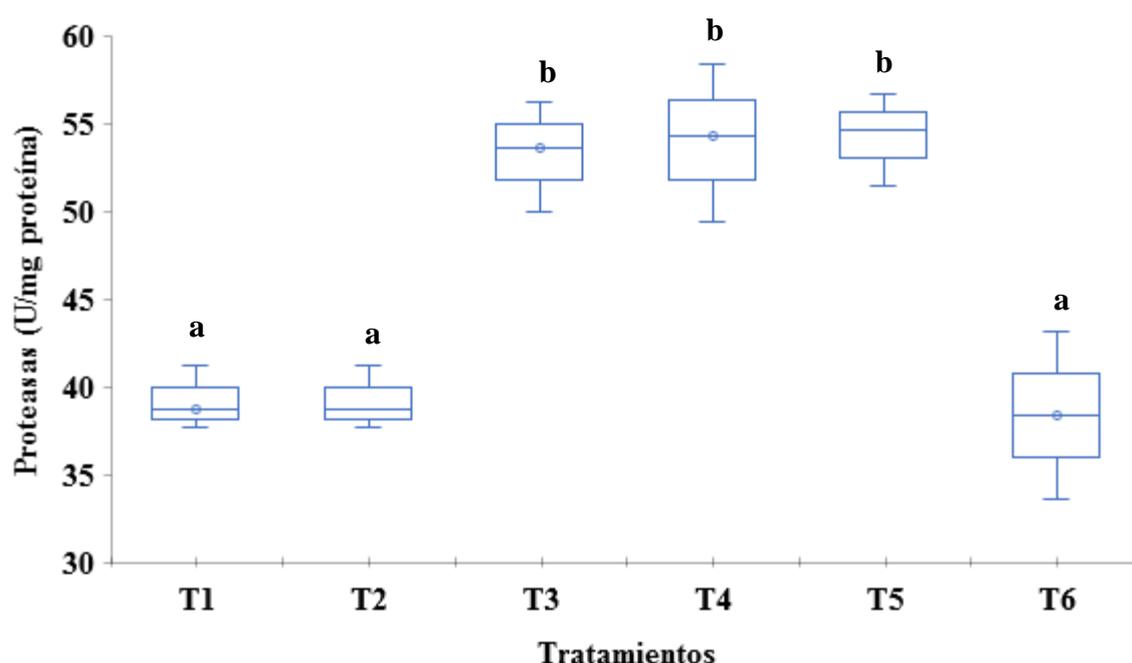


Figura 8 Cuantificación de actividad Proteasa (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con quitosano, $F = 14.79$.

Asma *et al.* (86), en su trabajo de investigación; en el cual se estudió las nanopartículas de quitosano y timol en suplementación de dietas para *Oreochromis*, indica que la adición de quitosano a la dieta de especies de aguas dulces mejora la absorción de nutrientes. Además de la influencia de nanopartículas que promueven el crecimiento y la actividad bacteriana, esto puede estar relacionado debido que el quitosano posee oligoelementos que mejoran la liberación de toxinas. También indica que las enzimas digestivas como las proteasas son importantes en el crecimiento de las tilapias. En su investigación la mayor producción

promedio de proteasas se dio en la suplementación de 5g de nanopartículas de quitosano/kg obteniendo un resultado de 0,615 (ng/mL) a los 70 días; mayor al obtenido en este estudio.

No obstante, Sheikhzadeh *et al.* (87), obtuvo datos de producción de proteasas inferiores en su estudio realizado en Irán; en la suplementación de dietas de quitosano con zeolitas en trucha arco iris, en 60 días obtuvieron 0,45 (UL⁻¹ mg⁻¹) aproximadamente siendo este valor la producción más alta con 0.05g de quitosano y 14,28g de zeolitas.

4.2.2. Lipasas

Según el ANOVA para la variable lipasas (Figura 9), no existió diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los tratamientos T3, T4, T5, T6 que obtuvieron mayor promedio con valores en un rango de 40,33 - 41,77 - 38,22 - 37,65 U/mg. Presentando diferencias estadísticas ($P < 0.05$) para los tratamientos que obtuvieron un inferior resultado T1 y T2 con valores de 34,97 y 31,15 U/mg.

Mientras Montoya *et al.* (88), en su estudio de digestibilidad, crecimiento y actividad enzimática de *Oreochromis niloticus* con dieta isocalóricas con subproductos de plantas y animales; obtuvo la mayor producción de lipasas en la dieta que contenía el 15% de garbanzos extruidos con un valor de 29,9 U/mg en 60 días. Inferior a los valores obtenidos en esta investigación. Hamidian *et al.* (89), expresa que la adicción de quitosano mejora el rendimiento, el crecimiento, la calidad, el sistema inmunitario y los parámetros bioquímicos en peces.

Los datos expuestos son superiores a los obtenidos por Su *et al.* (90), en Shanghái su trabajo de investigación de efectos del quitosano – oligosacáridos en el rendimiento y crecimiento de enzima digestiva y flora bacteriana intestinal del pez globo; la mayor producción de lipasas en esta investigación se dio al 0,02% de adicción en la dieta obteniendo 9,33 U/mg. También indica que quitoooligosacáridos es un inmunoestimulante con enfoque sustentable, que promueven el crecimiento mejoran la calidad de los peces.

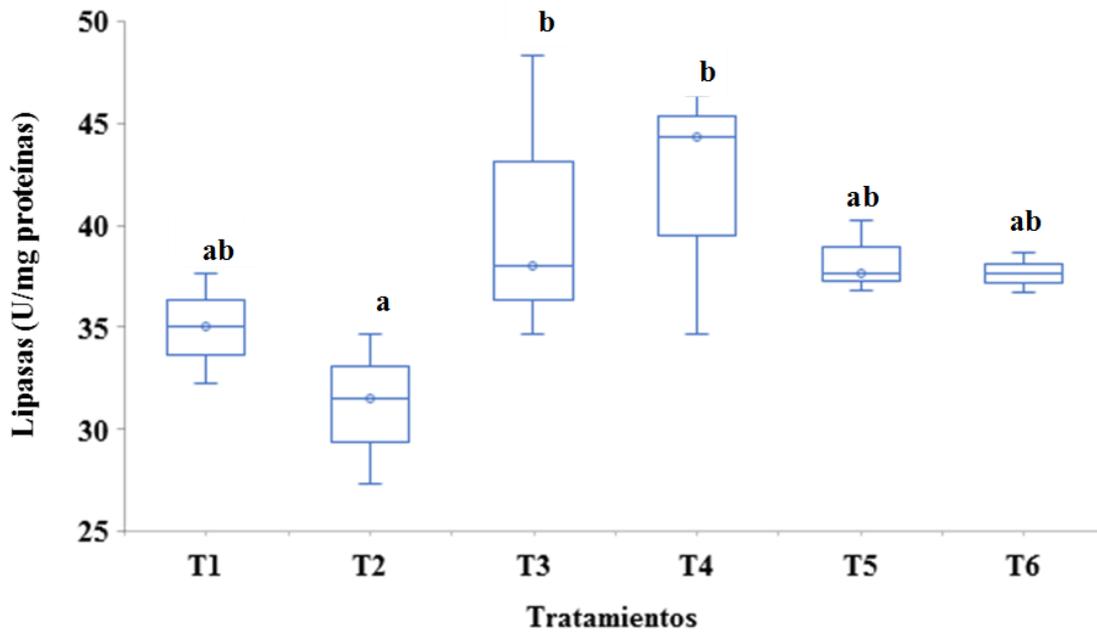


Figura 9 Cuantificación de actividad Lipasa (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con inclusión de quitosano en dieta, $F=2.31$.

4.2.3. Amilasas

Según el análisis de varianza (Figura 10), no existió diferencia estadística ($P > 0.05$) entre los tratamientos T2, T4, T5, T6. El mayor promedio lo presentó el T2 (1% de quitosano en la dieta) con un valor de 82,12 U/mg; presentando diferencia estadística ($P < 0.05$) para el tratamiento testigo que obtuvo el menor promedio con 66,96 U/mg.

Jang *et al.* (91), en su estudio realizado donde tenía como objetivo las reacciones de la actividad microbiana intestinal con suplementación de prebióticos en la dieta de platija de oliva un pescado muy popular en Corea; obteniendo una producción de amilasas de 5,98 U/mg como su mayor promedio en ocho semanas, usando adicción *Lactobacillus plantarum*; sin embargo, no fue significativo entre los demás tratamientos. Este valor es menor al obtenido en este estudio.

Por otro lado Dawood *et al* (92), en su estudio de efectos simbióticos de *Aspergillus oryzae* y respuestas e inmunes de tilapia, obteniendo una producción de amilasas de 40 U/mg en

60 días utilizando *Aspergillus* al 0.5g/kg; este valor es menor al obtenido en esta investigación. Además indica que la amilasa es importante en la asimilación y digestión de alimentos.

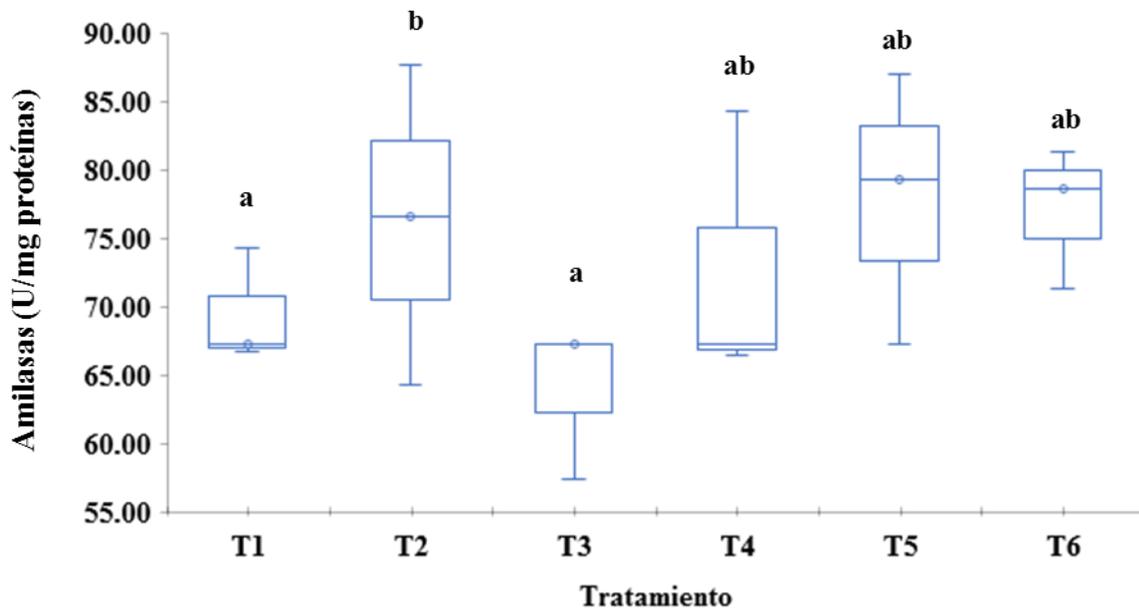


Figura 10 Cuantificación de actividad Amilasa (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con inclusión de quitosano en dieta, $F=2.8$.

Se infiere que estos resultados inferiores se debe a lo que indica Abd *et al.* (93), que la inducción de 5g de quitosano en la dieta de los peces desarrollan mayor actividad enzimas digestivas aumentando la producción de amilasas y lipasas, también indica que es importante el aumento de producción de enzimas digestivas debido a que promueven el crecimiento de los peces.

4.3. Relación de la actividad enzimática digestiva y la composición química del musculo en juveniles de tilapia roja

Una vez que las biomoléculas son absorbidas y distribuidas posteriormente a las células del organismo, según los requerimientos, se transforman en nuevas macromoléculas mediante procesos bio-sintéticos conocidos en conjunto como metabolismo anabólico, lo cual a su vez contribuye al crecimiento y desarrollo tisular (93). En el presente trabajo, para la actividad lipolítica y amilolítica (Figura 12 y 13) conforme aumenta el nivel de quitosano en las dietas aumenta la actividad enzimática y el contenido de lípidos e hidratos de carbono en los organismos respectivamente, mientras que para la actividad proteolítica (Figura 11) existió un efecto inverso en el nivel con mayor contenido de quitosano (5%, T6) en dieta, y relación con el contenido de proteína tisular, sin embargo para T4 y T5, se encontró la mayor concentración enzimática conforme aumenta el nivel de quitosano en dietas y el nivel de proteína en el musculo de los organismo.

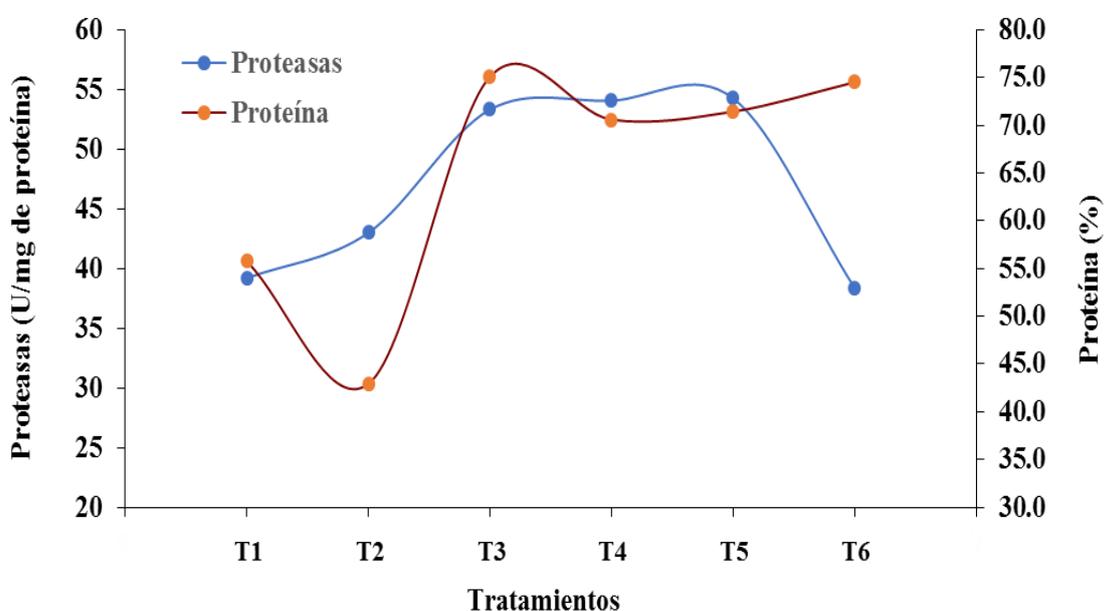


Figura 11 Relación de la actividad proteolítica en juveniles de tilapia (*Oreochormi* sp) y su porcentaje de proteínas en tejido muscular alimentados con inclusión de quitosano en dieta.

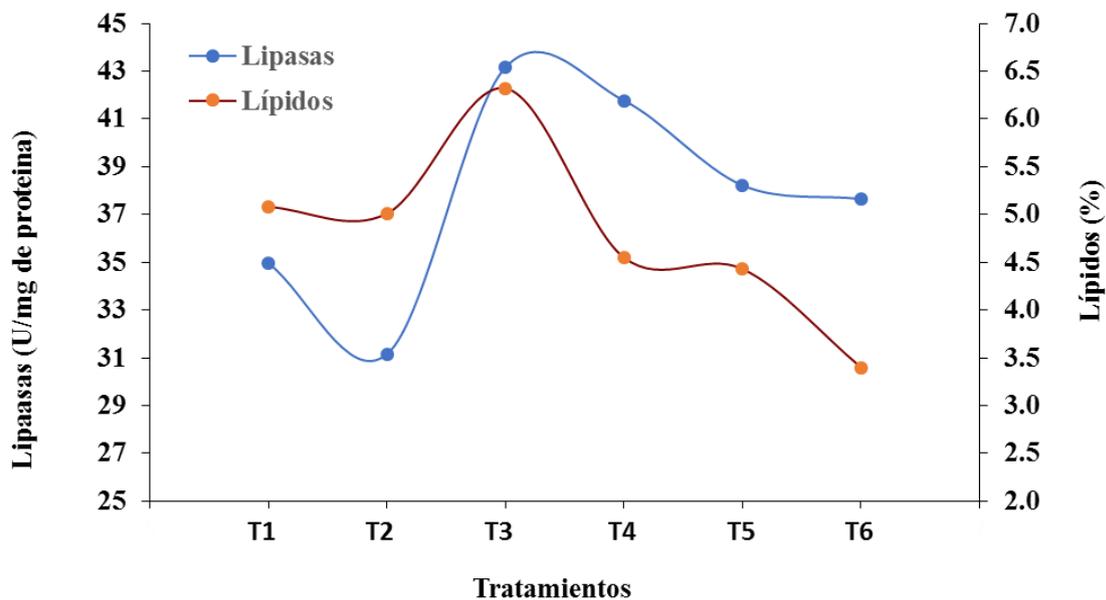


Figura 12 Relación de la actividad lipolítica en juveniles de tilapia (*Oreochormi sp*) y su porcentaje de lípidos en tejido muscular alimentados con inclusión de quitosano en dieta.

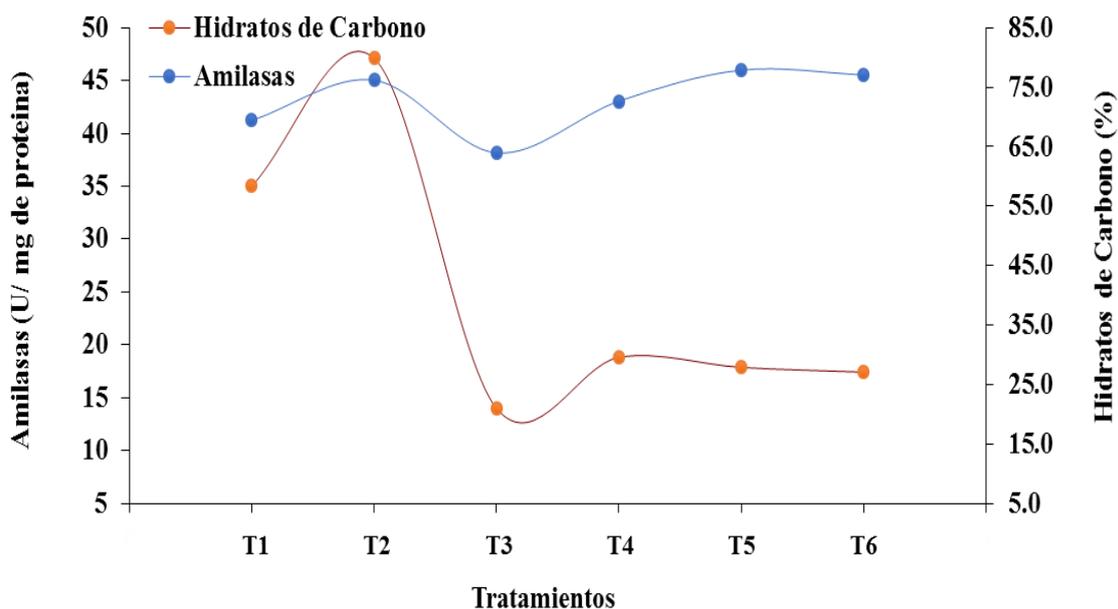


Figura 13 Relación de la actividad amilolítica en juveniles de tilapia (*Oreochormi sp*) y su porcentaje de hidratos de carbonos en tejido muscular alimentados con inclusión de quitosano en dieta.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ❖ La bromatología del musculo de tilapia se obtuvo valores casi homogéneos por tratamiento obteniendo mayor contenido de materia seca en el tratamiento T4 (3% de quitosano en dieta) con un valor de 21.26 %, respecto a la energía lo obtuvo el tratamiento T3 (2% de quitosano en dieta) con un valor de 4,317 mega calorías, este contenido de energía lo podemos relacionar con el mayor contenido de grasa que obtuvo el mismo tratamiento T3 (2% de quitosano en dieta) con un valor de 6.0 % con relación a la proteína el mismo tratamiento obtuvo el mayor porcentaje T3 (2% de quitosano en dieta) con un valor de (75. 77%), el mayor contenido de carbohidrato en musculo lo obtuvo el tratamiento T2 (1%de quitosano en dieta) con un valor de (47.12%).

- ❖ Se encontró diferencia significativa en la actividad de las enzimas digestivas. La mayor actividad de las proteasas, se obtuvo con los tratamientos T4 y T5 (3 y 4 % de quitosano en dieta). La actividad de la lipasa mostro la mayor actividad en el T4 (3% de quitosano) con un valor de 41.77 U/mg proteína, en la actividad enzimática de la amilasas el tratamiento T2, sin diferir del T4, T5 Y T6 pero si con respecto al T1 y T3.

- ❖ Se establece una relación de incremento de la actividad enzimática digestiva y la composición química del musculo en juveniles de tilapia roja a medida que se incrementa los niveles de quitosano en dieta para lipasas y amilasas con respecto a lípidos e hidratos de carbono respectivamente. Con respecto a proteasas digestivas y proteínas en musculo existió un efecto inverso en el nivel con mayor contenido de quitosano en dieta, y relación con el contenido de proteína tisular, sin embargo para T4 y T5 ambas variables fueron directamente proporcional.

5.2. Recomendaciones

- Es necesario replicar futuras investigación donde se aumente los niveles del bioestimulante en dieta y conocer el efecto en la actividad enzimática digestiva y composición química del musculo de tilapia.
- Estudiar el efecto de niveles de quitosano en dieta en la alimentación tilapia sobre otras enzimas como la tripsina y quimiotripsina.
- Realizar análisis de histología intestinal donde se pueda observar el desarrollo de las microvellosidades en correspondencia con los niveles de quitosano en dieta.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFIA

Bibliografía

1. Leon Valencia A. Proyecto de Factibilidad para la Creacion de una Empresa Dedicada al Cultivo y Comerciaizacion de tilapia *Preocromis sp.* al Mercado de los Estados Unidos ubicada en la parroquia Mindo, Cantón San Migue de los Bancos. Tesis de Grado. Los Bancos: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias; 2009.
2. FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2018.
3. FAO. Informacion mundial y alerta sobre la alimentacion y agricultura (SMIA). Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017 Mayo;(338).
4. FAO. FishStatJ - Software para series estadísticas de pesca y acuicultura. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019.
5. FAO. Visión general del sector acuícola nacional. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2017 Septiembre.
6. Inoue JMeaLLGML. Efecto de diferentes concentraciones de proteínas en el sistema digestivo. Arq. Bras. Med. Vet. Zootecnista. 2012; 64(450 - 457).
7. Kumar V. EnzoMeal como un sustituto de la harina de pescado: efectos sobre el crecimiento, digestivo y estado oxidativo de la perca amarilla (*flavescens*) Perca. Oiho Soybean Council. .
8. Li HY , Yan SM , Shi BL , Guo XY. Efect of chotpsam on nitric oxide content and inducible nitric oxide synthase activity in serum and expression of inducible ntric oxide synthase mRNA in small intestine of broiler chickens. Journal Animal Science. 2009; 22 (7)(48-53).
9. Goiri I , Oregui LM , Garcia - Rodriguez A.. Use of chitosans to modulate ruminal fermentation of a 50:50 forage-to-concentrate diet in sheep. Journal of Animal Science. 2010; 88(2)(749-55).

10. Liao F- H , Shieh M- J , Chang N-C , Chien Y-W. Chitosam supplemetation lowers serum lipids and maintaains normal calcium, magnesium, and iron status in hyperlipidemic patients. Nutr Res. 2007; 27 (3)(146 - 51).
11. Pusateri AE , Holcomb JB , Kheirabadi BS , Alam HB , Wade CE , Ryan KL. Marking sense of the preclicical literature on advanced hemotactic products. J Trauma Acute Care Surg. 2006; 60(3)(674 - 82).
12. Xu Y , Shi B , Yan S , Li T , Gou Y , Li J. Effects f chitosan on body weight gain, growth hormone and intestinal morphology in weaned pigs. Journal Of Animal Science. 2013; 26(10)(1484 - 9).
13. addi.ehu.es. [Online].; 2006 [cited 2020 Septiembre 14. Available from: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/14292/4-%20Cap%C3%ADtulo%20I.%20Las%20enzimas.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
14. Hidalgo C, Fernández M, Nieto OM, Paneque AA, Fernández G, Lópiz JC. ESTUDIO DE QUITOSANOS CUBANOS DERIEstudio de quitosano cubanos derivados de la quitina de la langosta. Revista Iberoamericana de Polímero Hidalgo et als. 2009 Enero; X.
15. quitoquimica.cl. quitoquimica.cl. [Online]. [cited 2019 Agosto 27. Available from: <http://www.quitoquimica.cl/que-es-el-quitosano/>.
16. Colina M, Ayala , Rincón D, Molina J, Medina , Ynciarte , et al. Evaluación de los procesos pata la obtención química de quitina y quitosano a partir de desechos de cangrejos. escala piloto industrial. Revista Iberoamericana de Polímeros Colina et als. 2014 Enero; XV(23).
17. Domínguez Courtney MF, Jiménez Munguía MT. Peliculas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. Temas selectos de Ingeniería de Alimentos. 2012; 6(110-112).
18. Paola Calbe C. Estudio de la obtencion de oligoquitosano y su aplicacion en peliculas de quitosano/oligoquitosano para preservacion de alimentos. Tesis de Magister. Argentina: Universidad nacional del Sur, Tecnologia de los alimentos; 2013.

19. Salas Haas DA. Estudio de la prefactibilidad para la puesta en marcha de una planta procesadora de quitina, ubicada en el canton Eloy Alfaro provincia del Guayas 2011. Tesis de Ingenieria. Quito: Universidad Tecnologica Equinoccial , Facultad de Ciencias de la Ingenieria ; 2011.
20. Berghoff CF. Desarrollo y Caracterizacion de Matrices Compuestas Quitosano/Polimero Sintetico para Regeneracion de tejido Oseo. Tesis Doctoral. Argentina: Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas Departamento de Ciencias Biológicas; 2011.
21. Polo Galindo IM. Sostenibilidad: Obtencion de quitina apartir de sustancias de desecho. Tesis fin de grado. Sevilla: Universidad de Sevilla, Facultad de Farmacia; 2016.
22. Marmól Z, Páez G, Ricón M, Karelen A, Aiello C, Chandre C, et al. Quitina y Quitosano polímeros amigables una revisión de sus aplicaciones. Revista Tecnocientifica URU. 2012 Julio; 53-58.
23. Nieto Orellana R, Orellana Ulloa VP. Aplicacion del Quitosano como Promotor de Floculacion para disminuir la Carga Contaminante. Tesis Fin de Grado. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana (Sede Cuenca), Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales ; 2011.
24. Bernadette Dima J, Zaritzky N, Sequeiros C. Obtención de Quitina y Quitosano a partir de Exoesqueleto de Crustáceos Patagónico Caracterización y Aplicaciones. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. 2014 Diciembre;(22).
25. Giraldo Pedraza JD. Propiedades, Obtención, Caracterización, y Aplicaciones del quitosano. ReserchgGate. 2015 Mayo;(23).
26. Valenzuela C, Arias JI. Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de origen animal: una revisión. Avances en Ciencias Veterinarias. 2012; XXVIII(15).
27. Lárez Velásque CJ. Algunos Usos del Quitosano en SIstemas Acuosos. Revista Iberoamericana de Polímeros. 2003 Abril; 4(20).
28. Torres Escudero LM. lifeder.com. [Online]. [cited 2019 Agosto 07. Available from: <https://www.lifeder.com/quitosano/>.

29. Beltrán Patiño A. Extracción y caracterización de quitosano del camarón Titi y su aplicación en la liberación controlada de un fármaco. Tesis fin de Grado. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas Programa Académico de Química; 2010.
30. Sandeep A, Sangameshwar k, Mukesh G, Chandrakant R, Avinash D. Breve descripción en aplicaciones del quitosano. Indo Americana Journal of Pharmaceutical. 2014 Febrero;(12).
31. Lárez Velásquez C. Quitina y quitosano. Avances en Química: materiales del pasado para el presente y el futuro. 2006 Septiembre; II(15 - 21).
32. Pallares Rivera PH, BorBo Castillo WJ. Efecto del ácido omega 3 y la combinación omega 3- omega 6 en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en la finca "El Porvenir", pre parroquia San Gabriel del Baba, Km. 9 via Julio Moreno, en la zona de Santo Domingo". Tesis de Pre Grado. Santo Domingo de los Tsachilas: Escuela Politécnica del Ejército , Ciencias de la Vida; 2012.
33. FAO. Fao.org. [Online].; 2018 [cited 2019 Agosto 15. Available from: <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>.
34. Saavedra Martinez MA. Crc.uri.edu. [Online].; 2006 [cited 2019 Agosto 15. Available from: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.
35. Ecuador STdCIpeCdIMPVd. vicepresidencia.gob.ec. [Online].; 2015 [cited 2019 Agosto 15. Available from: <https://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Resumen-Cadena-de-Maricultura-2.pdf>.
36. Calvopiña Veloz AE. Plan de factibilidad para la producción de filetes congelados de tilapia y su comercialización al mercado Norteamericano. Tesis de Pre grado. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Ciencias de Administrativas y Contables; 2012.
37. León Valencia A. Proyecto de factibilidad de una microempresa dedicada al cultivo y comercialización de tilapia -*Oreochromis sp*- al mercado de los Estados Unidos ubicada

en la parroquia Mindo, cantón San Miguel de los Bancos. Tesis de Pre Grado. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ciencias; 2009.

38. El Universo. eluniverso.com. [Online].; 2018 [cited 2019 Agosto 18. Available from: <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/09/05/nota/6938243/consumo-tilapia-mas-economica-que-carne-crece-ecuador>.
39. El Tiempo. eltiempo.com.ec. [Online].; 2017 [cited 2019 Agosto 18. Available from: <https://www.eltiempo.com.ec/noticias/editorial/1/la-tilapia-de-ecuador>.
40. Ver Riera EP. Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de tilapia roja cantón Shushufindi, provincia de Sucumbíos, para el año 2015. Tesis de Pre Grado. Loja: Universidad Nacional de Loja, Administracion de Empresa; 2016.
41. TOSCANO NAVEDA AD. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes de estanques para crianza de tilapias. Tesis de Pre Grado. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias; 2010.
42. Castillo Campo LF. Una Evolución de 29 años, de la incertidumbre del exito Colombia: Ewe Editorial Acad MIA Espa Ola,; 2011.
43. Veltran JJ. prezi.com. [Online].; 2016 [cited 2019 Agosto 17. Available from: <https://prezi.com/svdmonlyzaze/anatomia-y-fisiologia-del-tracto-digestivo-de-la-tilapia/>.
44. Puebla SddrdEd. slideshare.net. [Online].; 2007 [cited 2019 Agosto 15. Available from: <https://es.slideshare.net/JCAMILOMOR/manual-de-produccion-de-tilapia>.
45. Ordóñez Sánchez JI. Guía de identificación de filetes y rodajas de pescado de consumo usual en España De Santo D, editor. España; 2011.
46. Ramos Espinoza FC. Evaluación de lesiones histopatológicas y aislamiento bacteriológico de algunos de los principales tejidos de gamitanas (*Colossoma macropomum*). Tesis de Pre grado. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Medicina Veterinaria; 2007.

47. Rodríguez Vizcaíno NE. Análisis proximal de pescados continentales de mayor consumo humano en Ecuador. Tesis de Pre Grado. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ciencias Química; 2017.
48. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Plan Nacional de Desarrollo, FAO. Manual Básico sobre el Procesamiento e Inocuidad de Productos de La Acuicultura. Manual Básico. Paraguay: República de Paraguay, Implementación del Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Paraguay; 2014.
49. Acuña Reyes MJ. Peces de Cultivo, Composición, Comparación con Carnes de Consumo Habitual. Ventajas del Consumo de Pescados. *Diaeta*. 2013 Mayo; XXXI(26-30).
50. Hernandez J. es.slideshare.net. [Online].; 2014 [cited 2019 Agosto 24. Available from: <https://es.slideshare.net/jeannethhernandez/bioquimica-del-pescado>.
51. Gutiérrez Espinosa MC, Velasco Garzón JS. Revisión: necesidades nutricionales de peces de la familia Pimelodidae en Sudamérica (Teleostei: Siluriformes). *Biogía Tropical*. 2019 Enero; 67(18).
52. Vela Flores E. Química de Alimentos de Pescado. Tesis de Pre Grado. Inquitos: Universidad Nacional De La Amazonia Pecuaria, Industrias Alimentarias; 2013.
53. Gil Hernandez A. Tratado de nutrición / Nutrition Treatise: Composición Y Calidad Nutritiva De Los Alimentos / Composition and Nutritional Quality of Foods. In Ros Berruezo G, Martínez García C, Santaella Pascual M. *Pescados y Mariscos*. Segunda ed. Colombia, Argentina: Panamericana; 2010. p. 57-73.
54. Brandan N, Llanos C, Barrios BI, Escalante Marassi P, Ruíz Díaz DAN. med.unne.edu.ar. [Online].; 2008 [cited 2019 Agosto 25. Available from: <https://med.unne.edu.ar/sitio/multimedia/imagenes/ckfinder/files/files/Carrera-Medicina/BIOQUIMICA/enzimas.pdf>.
55. Ramirez FJ, Álvarez-González¹, Nolasco Soria HG, Peña E, Martínez García R, Camarillo Coop S, et al. Caracterización parcial de proteasas digestivas del chucumite (*Centropomus parallelus*). *Hidrobiológica*. 2017 Agosto; 27(419 - 427).

56. Gutiérrez Vela M. Efecto de la alimentación de dorada (*Sparus aurata*, L.) con piensos sin harina de pescado sobre la actividad de enzimas digestivas. Tesis Pre Grado. Valencia: Universitat Politècnica de València; 2017.
57. Moguel Hernández I. Fisiología digestiva durante el desarrollo larval del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*). Tesis de Doctorado. La Paz: Intituto Politenico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Ciencias Marinas; 2015.
58. Rivera CM, Botero M. Alimento vivo enriquecido con ácidos grasos para el desarrollo larvario de peces. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. 2009 Julio; XXII(12).
59. Palomino A. Enzimas digestivas en peces. Veterinaria Vegetal. 2019 Julio.
60. Alvarez Gonzáles CA. Actividad enzimática digestiva y evaluación de dietas para el destete de larvas de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (percoide: serradinae). Tesis Doctoral. La Paz: Intituto Politécnico nacional centro Interdisciplinario de ciencias Marinas, Desarrollo de Tecnologías; 2003.
61. Luna Figueroa J, Arce Uribe E, Figueroa Torres J. Ventajas e inconvenientes del uso de alimento vivo en la nutrición de peces. Invention la génesis de la cultura universitaria en morelos. 2018; 14(33).
62. Oliveira Souza FS. Aracterização Da Carne Da Tilápia Do Nilo (*Oreochromis Niloticus*) Submetida À Dietas Suplementadas Com Óleo De Peixe. tesis de pre grado. Goiãna: Universidad Federal de Goiás, Escola De Veterinária E Xooteeni; 2017.
63. Ram C B. Manejo Alimentario para Tilapia. Panorama Acuícola. 2002 Junio; VII.
64. Carmona ER, Plaza T, Recio Sánchez G, Parodi J. Generación de un protocolo para la síntesis de nanopartículas de quitosano cargadas con florfenicol a través del método de gelación iónica. Investigacion Veterinaria Perú. 2018 Abril; 29(1195-1202).
65. Bustamante Melo J, Chalapud Narvaez ED, Quiñones Zambrano RA, Salcedo Jurado MA. Ensayo in vivo de un concentrado para peces, elaborado con harina de Matarratón (*Gliricidia Sepium*) y cascara de cama-rón en la etapa de engorde de peces comerciales: Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*), Sábalo (*Prochilodus nigricans*) y Cachama

negra. Revista SENNOVA: Revista del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación. 2018 Septiembre; 3(9 - 22).

66. Enciso Contreras SI. Efecto de la suplementación en dieta de la inulina, el β -glucano y el quitosano sobre la capacidad digestiva y la inmunidad no específica de la totoaba (*Totoaba macdonaldi*). Tesis de Pos Grado. Mexico: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, Ciencias en Acuicultura; 2016.
67. Sanchez Segarra J. Los Metodos de investigación Días SE, editor. Madrid; 2012.
68. al. ZMe. [Online]. [cited 2019 11 24].
69. Goddard S. Feed mangment in Intensive Acuaculture. 1996.
70. Fadl S, Gammal G, Abdo W, Barakat M, Mohamed O, Nassef E, et al. Evaluation of dietary chitosan effects on growth performance,immunity, body composition and histopathology of Nile tilapia(*Oreochromis niloticus*) as well as the resistance to Streptococcus. Aquaculture Research. 2019 Diciembre; 0(1): p. 1-13.
71. Mirabent Casals M, Toledo Pérez SJ, Ceballos BJ. Valor nutricional de piensos comerciales cubanos para el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus x O. mossambicus*). Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras. 2019; 36(1).
72. Soltan M, Fouad I, Elfeky A. Growth and Feed Utilization of Nile Tilapia,*Oreochromis niloticus* fed Diets Containing Probiotic. Global Veterinaria. 2016; 17(5): p. 442-450.
73. Wu S. The growth performance,body composition and nonspecifi. Biological Macromolecules. 2020 Diciembre 15; 145: p. 682-685.
74. Shirin A, Rahman A, Naher J, Mohammad Wahidur R, Nowsad Alam A. Fish glue from tilapia scale and skin and its physical and chemical characters. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 2017; 5(2).
75. Zaki M, Salem M, Gaber M, Nour A. Combinational effects of Mannan (MOS) and chitosan on survival ,growth perfomace , feed utilization ,body composition and intestinal hidtology of sea bass (*Disentrarchus labrax*)). Ideal Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016; 2(3).

76. Liu W, Lu X, Jiang M, Tian J, Changgeng Y, Yu L, et al. Effects of dietary manipulation on compensatory growth of juvenile genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis*). *Fish Physiol Biochem*. 2018; 45: p. 21-32.
77. Dietz C, Liebert F. Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*. 2018;(12): p. 43-48.
78. fillet UocciitslolsNt(n. da Silva Santos,Fábio Marcel;Martins da Silva,Ana Irene;Brandao Vieira,Claudia;Horacio de Araujo,Mayra;Coelho da Silva,Andre Luis; Carneiro-da-Cunha,Maria das Gracas et añ. *Journal of Food Science and Technology*. 2017 March 10; 54(5): p. 1304-1311.
79. Ali H, Mansour E, Bedawey AEA, Osheba. Quality of canned tilapia fish luncheon as influenced by different concentrations of beef fat and storage time. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2017 March; 11(3).
80. Miao Z, Guo L, Liu Y, Zhao W, Zhang J. Effects of dietary supplementation of chitosan on carcass composition and meat quality in growing Huoyan geese. *Poultry Science*. 2020; 99(6): p. 3079-3085.
81. Mass R, Verdegem M, Wiegertjes S. Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach. *Reviews in Aquaculture*. 2020 February.
82. Naiel M, Ismael N, El hameed S. The antioxidative and immunity roles of chitosan nanoparticle and vitamin C-supplemented diets against imidacloprid toxicity on *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 2020 June 10; 523(30): p. 1-32.
83. Baldissera M, Sousa C, Baldisserotto B, Zimmer F, Paiano D, Petrolli T, et al. Vegetable choline improves growth performance, energetic metabolism, and antioxidant capacity of fingerling Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 2019;(501): p. 224-229.
84. Abdel Tawwab M, Abdel Razek N, Abdel-Rahman AM. Immunostimulatory effect of dietary chitosan nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Fish and Shellfish Immunology*. 2019 Mayo; 88: p. 254-258.

85. Qiu W, Vakili M, Yu G. Effect of high energy ball milling on organic pollutant adsorption properties of chitosan. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020 April; 148: p. 543-549.
86. Asmaa S AEN, Adham A AS, Samar S N, A.E. M. Dietary combination of chitosan nanoparticle and thymol affects feed utilization, digestive enzymes, antioxidant status, and intestinal morphology of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 2019 Octubre;: p. 39.
87. Sheikhzadeh N, Kouchaki M, Mehregan M, Tayefi-Nasrabadi H, Divband B, Khataminan M, et al. Influence of nanochitosan/zeolite composite on growth performance, digestive enzymes and serum biochemical. *Aquaculture Research*. 2017 Mayo; 48(12): p. 59555-5964.
88. Montoya Mejia M, Garcia Ulloa M, Hernandez LLamas A, Nolasco Soria H, Rodríguez González H. Digestibility, growth, blood chemistry, and enzyme activity of juvenile *Oreochromis niloticus* fed isocaloric diets containing animal and plant. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2017; 46(12): p. 873-882.
89. Hamidian G, Zirak K, Sheikhzadeh N, Khani Oushani A, Sadigheh S, Divband B. Intestinal histology and stereology in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) administrated with nanochitosan/zeolite and chitosan/zeolite composites. *Aquaculture Research*. 2018; 45(5).
90. Su P, Han Y, Jiang C, Ma y, Pan J, Liu S, et al. Effects of chitosan-oligosaccharides on growth performance, digestive enzyme and intestinal bacterial flora of tiger puffer (*Takifugu rubripes* Temminck et Schlegel, 1850). *Journal of Applied Ichthyology*. 2016 Agosto; 33(3): p. 458-467.
91. Jang WJ, Lee JM, Hasan MT, Lee BJ, Lim SG. Effects of probiotic supplementation of a plant-based protein diet on intestinal microbial diversity, digestive enzyme activity, intestinal structure, and immunity in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish and Shellfish Immunology*. 2019;(92): p. 719-727.
92. Dawood M, Mohamed Eweedah N, Moustafa Moustafa E, Gamal Shahin M. Synbiotic Effects of *Aspergillus oryzae* and β -Glucan on Growth and Oxidative and Immune

Responses of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Probiotics and Antimicrobial Proteins. 2020 March;(12): p. 172-183.

93. Abd El-Naby FS, A.E. Naie M, AlSagheer AA, Negm SS. Dietary chitosan nanoparticles enhance the growth, production performance, and immunity in *Oreochromis niloticus*. Aquaculture. 2019 Febrero 8; 501(25): p. 82-89.
94. Castillo C, Mejía C, Arévalo J. reyesestadistica. [Online].; 2011 [cited 2019 Septiembre 4. Available from: <http://reyesestadistica.blogspot.com/2011/07/disenio-de-experimentos-al-completo-azar.html>.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de materia seca.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	0,01	5	0,3	2,63	<0,0768
Error	0,01	12	0,3		**
Total	0,03	17			

Anexo2. Análisis de varianza de la variable grasa.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	46,42	5	9,28	4,55	<0,0147
Error	24,49	12	2,04		**
Total	70,91	17			

Anexo3. Análisis de varianza de la variable energía.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	0,31	5	0,06	0,24	<0,9348
Error	3,06	12	0,26		**
Total	3,37	17			

Anexo 4. Análisis de varianza de ceniza

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	0,03	5	0,01	0,90	<0,5360
Error	0,04	12	0,01		**
Total	0,07	17			

Anexo 5. Análisis de varianza proteína.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	2510,56	5	502,11	7,52	<0,0021
Error	800,88	12	66,74		**
Total	3311,44	17			

Anexo 6. Análisis de varianza de carbohidratos.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	2571,03	5	514,21	7,84	<0,0017
Error	787,28	12	514,21		**
Total	3358,31	17			

Anexo 7. Análisis de varianza variable proteasas.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	880,74	5	176,15	14,79	<0,0001
Error	142,96	12	11,91		**
Total	1023,7	17			

Anexo 8. Análisis de varianza de la variable enzimática lipasa.

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	220,20	5	44,04	2,31	<0,1093
Error	229,05	12	19,09		**
Total	449,25	17			

Anexo 9. Análisis de varianza de la variable amilasa

F.V.	SC	GI	CM	F. Cal.	p-valor
Tratamiento	435,91	5	87,18	1,26	<0,3414
Error	829,24	12	69,10		**
Total	1265,15	17			

Anexo 10. Actividad Enzimática.

Variables (U /mg proteína)	Tratamientos						CV %	F
	T1	T2	T3	T4	T5	T6		
Proteasas	39.19 ± 1.50 ^a	42.99 ± 2.26 ^a	53.31 ± 2.57 ^b	54.05 ± 3.70 ^b	54.26 ± 2.12 ^a	38.68 ± 3.94 ^a	7.34	14.79
Lipasas	34.97 ± 2.20 ^{ab}	31.15 ± 2.99 ^a	40.33 ± 5.81 ^b	41.77 ± 5.10 ^b	38.22 ± 1.45 ^{ab}	37.65 ± 0.80 ^{ab}	11.7	2.31
Amilasas	66.96 ± 3.48 ^a	82.12 ± 9.52 ^b	63.97 ± 4.70 ^a	72.76 ± 8.24 ^{ab}	77.89 ± 8.11 ^{ab}	77.10 ± 4.23 ^{ab}	10.41	2.08

Elaborado: (Autor)

Anexo 11. Actividades realizadas durante la investigación.

Anexo 11.1 Recolección de alevines y distribución de tratamientos.



Recolección de Alevines



Recolección de Alevines



Recolección de Alevines



Asignación de tratamiento

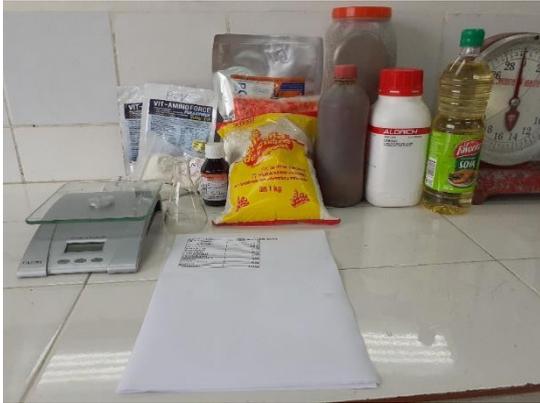


Instalación de bomba de oxígeno



Esquema del experimento

Anexo 11.2. Preparación de Balanceado



Harinas y minerales



Pesaje de harinas y minerales



Harinas y minerales



Mezcla de los ingredientes



Almacenamiento de harinas



Elaboración de Pellet



Elaboración de Pellets



Balanceado pelletizado y seco



Pesaje de balanceado y separación por tratamiento

Anexo 11.3. Biometría



Sifonado de estanques



Aturdimiento de peces con Eugenol



Pesaje de los peces



pesaje



Medida del largo del pez

Anexo 11.4. Toma de muestra, filetes de pescado para realizar los diferentes análisis bromatológicos del musculo de tilapia.



Extracción de todas las muestras



Insensibilización de los peces



Sobras de la extracción de las muestras



Desmembración de los juveniles de tilapia roja



Secado de los filetes de pescado por tratamiento



Pastillas catalizadoras utilizada en el proceso de extracción de proteína



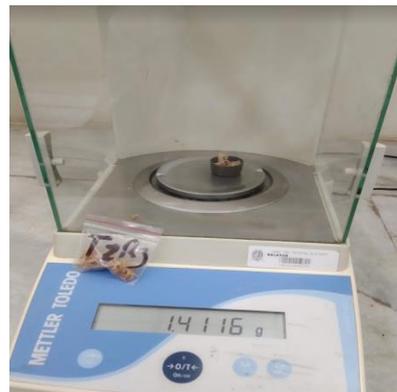
Titulación para el proceso de extracción de proteína



Equipo para extracción de proteína



Trituración del balanceado para los respectivos análisis



Peso de muestra para calcular energía



Equipo de extracción de lípidos



Titulación para calcular energía



Visualización del contenido de grasa en el musculo de tilapia



Ubicación de muestra en la bomba calorimétrica