



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA AGROPECUARIA

Unidad de Integración Curricular previo
a la obtención del título de Ingeniera
Agropecuaria.

Título de la Unidad de Integración Curricular:

**“COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ENZIMAS DIGESTIVAS EN JUVENILES
DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus*)
ALIMENTADOS CON β -GLUCANO EN DIETAS”**

Autora:

Costavalo Muñoz Johana Amarilis

Director de la Unidad de Integración Curricular:

Dr. Yuniel Méndez Martínez

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Johana Amarilis Costavalo Muñoz**, declaro que la presente investigación es 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.

Johana Amarilis Costavalo Muñoz
C.C. # 120799159-5
AUTORA



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

El suscrito Dr. Méndez Martínez Yuniel, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Tutor de la Unidad de Integración Curricular titulado “**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ENZIMAS DIGESTIVAS EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA** (*Oreochormis mossambicus x Oreochromis niloticus*) **ALIMENTADOS CON B-GLUCANO EN DIETAS**”, perteneciente al estudiante de la carrera Agropecuaria, Johana Amarilis Costavalo Muñoz, CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENECYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 9%.

URKUND	
Documento	TESIS FINAL_Johana costavalo.pdf (D117355155)
Presentado	2021-11-03 11:27 (-06:00)
Presentado por	ymendezm@uteq.edu.ec
Recibido	ymendezm.uteq@analysis.urkund.com
	9% de estas 36 páginas, se componen de texto presente en 22 fuentes.

Dr. Méndez Martínez Yuniel

Tutor de la Unidad de Integración Curricular



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
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 la estudiante **Johana Amarilis Costavalo Muñoz**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, “**COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ENZIMAS DIGESTIVAS EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus*) ALIMENTADOS CON β -GLUCANO EN DIETAS**” previo a la obtención del título de Ingeniera en Agropecuaria, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Dr. Yuniel Méndez Martínez

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE LA UNIDAD DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR.**



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE AGROPECUARIA

PROYECTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Título:

**“COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ENZIMAS DIGESTIVAS EN JUVENILES
DE TILAPIA ROJA (*Oreochormis mossambicus x Oreochromis niloticus*)
ALIMENTADOS CON β -GLUCANO EN DIETAS”**

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniera Agropecuaria.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por todas las maravillas que fueron posibles de ser y las que no también, a mis padres Dora y Jorge por su infinita confianza e incondicionalidad, a mi hermano Jorge Enrique por ser siempre mi inspiración, a mi adorable hermana Sandra.

De manera especial al Dr. Méndez Martínez Yuniel por guiarme y compartir sus conocimientos durante todo el proceso de la tesis.

Mis buenos amigos Mirella Zambrano y Pablo Castro.

A la memoria del Dr. Romero Romero José Miguel por todo lo aprendido.

DEDICATORIA

A mi familia Costavalo Muñoz por ser la mejor motivación, en especial a mi persona.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CÓDIGO DUBLÍN.	xiv
Introducción.....	1

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

1.1	Problema de investigación.....	4
1.1.1	Planteamiento del problema.	4
1.1.2	Formulación del problema.....	5
1.2	Objetivos	6
1.2.1	Objetivo general.	6
1.2.2	Objetivos específicos.....	6
1.3	Justificación.....	7

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1	Marco conceptual.	9
2.2	Marco referencial.	10
2.2.1	Inmunoestimulantes.....	10
2.2.2	Mecanismo de acción de los inmunoestimulantes.	10
2.2.3	β -glucanos.	10
2.2.4	Estructura de β -glucanos.	11
2.2.5	Efecto de β - glucanos en el crecimiento de peces.....	12
2.2.6	Reconocimiento del β -glucano.....	12
2.2.7	Estado mundial de la Acuicultura.	12
2.2.8	Acuicultura en Ecuador.....	13

2.2.9	La acuicultura de agua dulce.....	13
2.2.10	Tilapia.....	13
2.2.11	Taxonomía.....	14
2.2.12	Morfología.....	14
2.2.13	Alimentación.....	15
2.2.14	Fisiología digestiva.....	15
2.2.15	Sistema digestivo.....	15
2.2.16	Digestión.....	16
2.2.17	Enzimas digestivas.....	16
2.2.18	Composición química.....	18
2.2.19	Principales constituyentes.....	18
2.2.20	Propiedades de la carne de tilapia.....	19

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1	Localización y metodología.....	26
3.1.1	Condiciones agroclimáticas.....	26
3.2	Tipo de investigación.....	26
3.2.1	Experimental.....	26
3.3	Método de investigación.....	27
3.3.1	Método analítico.....	27
3.3.2	Método inductivo.....	27
3.4	Fuentes de recopilación de información.....	27
3.5	Diseño de la investigación. Tratamiento de estudio.....	27
3.6	Instrumento de investigación.....	28
3.6.1	Formulación y elaboración de dietas experimentales.....	28
3.6.2	Condiciones de cultivo de los peces.....	30
3.6.3	Variables respuestas evaluadas.....	31

3.7	Tratamientos de datos.....	35
3.8	Recursos humanos y materiales.	36
3.8.1	Recursos humanos.....	36
3.8.2	Materiales e insumos.....	36
3.8.3	Materiales y Equipos.....	37

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1.	Composición química del tejido muscular en juveniles de tilapia roja	40
4.1.1.	Materia seca.....	40
4.1.2.	Ceniza.....	40
4.1.3.	Proteínas.....	41
4.1.4	Lípidos.....	42
4.1.4.	Hidratos de carbono.....	42
4.2.	Elaborado: Actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia roja.....	44
4.2.1.	Proteasa	44
4.2.2.	Lipasas.....	45
4.2.3.	Amilasas	46
4.3.	Relación entre actividad enzimática digestiva y composición química en el músculo de juveniles de tilapia roja	48

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1.	Conclusiones.....	51
5.2.	Recomendaciones.....	52

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA	53
---------------------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS.....	63
---------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Taxonomía de la tilapia roja.....	14
Tabla 2.	Principales constituyentes del músculo de pescado.....	18
Tabla 3.	Condiciones agroclimáticas.....	26
Tabla 4.	Esquema del análisis de varianza.....	28
Tabla 5.	Formulación y composición química de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de β -Glucano.....	30
Tabla 6.	Indicadores de calidad de agua.....	31
Tabla 7.	Descripción de los Tratamientos experimentales.....	36
Tabla 8.	Composición química del músculo de juveniles de tilapia roja en base seca (media DE) con la inclusión de en dietas.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Estructura del β - glucano de levadura y cereal.....	11
Figura 2.	Morfología externa de la tilapia roja.....	14
Figura 3.	Morfología interna de la tilapia roja.	15
Figura 4.	Cuantificación de la actividad enzimática proteasas (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con β -glucano, F = 16.84	44
Figura 5.	Cuantificación de la actividad enzimática lipasas (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con β -glucano, F = 3.30	45
Figura 6.	Cuantificación de la actividad enzimática lipasas (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con β -glucano, F = 2.20	47
Figura 7.	Relación entre la actividad enzimática proteolítica en juveniles de tilapia roja, y su promedio de proteína en tejido muscular, alimentados con β -glucano en dieta.	48
Figura 8.	Relación entre la actividad enzimática lipolítica en juveniles de tilapia roja, y su promedio de lípidos en tejido muscular, alimentados con β -glucano en dieta.	49
Figura 9.	Relación entre la actividad enzimática aminolítica en juveniles de tilapia roja, y su promedio de Hidratos de carbono en tejido muscular, alimentados con β -glucano en dieta.....	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ecuación 1)	28
(Ecuación 2)	32
(Ecuación 3)	32
(Ecuación 4)	33
(Ecuación 5)	33
(Ecuación 6)	33
(Ecuación 7)	35
(Ecuación 8)	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de Materia seca.....	64
Anexo 2. Cuadro de Análisis de la Varianza Proteína	64
Anexo 3. Cuadro de Análisis de la Varianza lípidos	64
Anexo 4. Cuadro de Análisis de la Varianza Hidratos de carbono	64
Anexo 5. Cuadro de Análisis de la Varianza ceniza	64
Anexo 6. Cuadro de Análisis de la Varianza de Proteasa	65
Anexo 7. Cuadro de Análisis de la Varianza de Lipasas	65
Anexo 8. Cuadro de Análisis de la Varianza de amilasas	65
Anexo 9. Actividad enzimática digestiva Proteasa, lipasa, amilasa.....	66
Anexo 10. Actividades realizadas durante toda la investigación	67

RESUMEN

Los principales componentes químicos de la carne de tilapia, están estrechamente relacionada con la alimentación, siendo un factor importante referente al valor nutritivo de la carne, capacidad de almacenamiento además de los proceso de digestión y absorción. El presente trabajo investigativo tiene como objetivo evaluar la composición química y la actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia roja (*Oreochormis mossambicus x Oreochromis niloticus*) con inclusión de β -glucano en dietas, se realizó en el laboratorio de acuicultura y bromatológico en el campus “La María “, perteneciente a la FCA de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con una duración de 60 días, por lo cual se emplearon 6 tratamientos y tres repeticiones en un DCA. Estructurados con una dieta experimental con la suplementación en diferentes niveles de β -glucano de 0 (control), 1, 2, 3, 4 y 5 %. Todos los análisis se realizaron en base seca a nivel de laboratorio, la composición química del músculo de juveniles de tilapia roja, obtuvieron promedio superiores en materia seca con 25.35%, hidratos de carbono con 38.97% y ceniza 2.44%, con la suplantación del 0% de β -glucano en dieta, con respecto a la variable proteína tuvo mayor porcentaje en el T6 con 74.94%, con inclusión de 5% β -glucano. En cuanto a lípidos se estableció el mayor porcentaje de grasas en el tratamiento T5 5.73%. En las actividades enzimáticas digestivas analizada en los intestinos de los juveniles, la proteasa manifestó menor actividad en el T3 con 38.14%, con la suplantación de 3% de β -glucano, para lipasa mostró mayor porcentaje de actividad en el T6 con el 42.28%, y amilasa registró en el T5 con el 79.82% siendo inferior a los demás tratamientos. Se estableció una relación entre las actividades lipolítica y aminolítica conforme va aumentando la inclusión de β -glucano, en cuanto a la actividad proteolítica se dio en los T4 y T6.

Palabras claves: polisacáridos, proteasas, proteínas, dietas peletizadas, nutrición.

ABSTRACT

The main chemical components of tilapia meat are closely related to feeding, being an important factor concerning the nutritional value of the meat, storage capacity and digestion and absorption processes. The present research work aims to evaluate the chemical composition and digestive enzyme activity in juvenile red tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) with the inclusion of β -glucan in diets, was conducted in the aquaculture and bromatological laboratory at the campus "La Maria", belonging to the FCA of the State Technical University of Quevedo, with a duration of 60 days, for which 6 treatments and three replicates were used in a DCA. Structured with an experimental diet with supplementation at different levels of β -glucan of 0 (control), 1, 2, 3, 3, 4 and 5 %. All analyses were performed on a dry basis at laboratory level, the chemical composition of the muscle of juvenile red tilapia, obtained higher averages in dry matter with 25.35%, carbohydrates with 38.97% and ash 2.44%, with the supplementation of 0% β -glucan in the diet, with respect to the protein variable had a higher percentage in T6 with 74.94%, with the inclusion of 5% β -glucan. Regarding lipids, the highest percentage of fats was established in treatment T5 with 5.73%. In the digestive enzymatic activities analyzed in the intestines of the juveniles, protease showed lower activity in T3 with 38.14%, with the supplanting of 3% of β -glucan, for lipase it showed higher percentage of activity in T6 with 42.28%, and amylase registered in T5 with 79.82% being lower than the other treatments. A relationship was established between lipolytic and aminolytic activities as the inclusion of β -glucan increases, while proteolytic activity occurred in T4 and T6.

Key words: polysaccharides, proteases, proteins, pelleted diets, nutrition.

CÓDIGO DUBLÍN.

Título:	“COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ENZIMAS DIGESTIVAS EN JUVENILES DE TILAPIA ROJA (<i>Oreochormis mossambicus</i> x <i>Oreochromis niloticus</i>) ALIMENTADOS CON β-GLUCANO EN DIETAS”				
Autor:	Costavalo Muñoz Johana Amarilis				
Palabras clave:	polisacáridos	Proteasas	Proteínas	dietas peletizadas	nutrición
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2021				
Resumen:	<p>RESUMEN. Los principales componentes químicos de la carne de tilapia, están estrechamente relacionada con la alimentación, siendo un factor importante referente al valor nutritivo de la carne, capacidad de almacenamiento demás de los proceso de digestión y absorción. El presente trabajo investigativo tiene como objetivo evaluar la composición química y la actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia roja (<i>Oreochormis mossambicus</i> x <i>Oreochromis niloticus</i>) con inclusión de β-glucano en dietas, se realizó en el laboratorio de acuicultura y bromatológico en el campus “La María “, perteneciente a la FCA de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con una duración de 60 días, por lo cual se emplearon 6 tratamientos y tres repeticiones en un DCA. Estructurados con una dieta experimental con la suplementación en diferentes niveles de β-glucano de 0 (control), 1, 2, 3, 4 y 5 %. Todos los análisis se realizaron en base seca a nivel de laboratorio, la composición química del músculo de juveniles de tilapia roja, obtuvieron promedio superiores en materia seca con 25.35%, hidratos de carbono con 38.97% y ceniza 2.44%, con la suplantación del 0% de β-glucano en dieta, con respecto a la variable proteína tuvo mayor porcentaje en el T6 con 74.94%, con inclusión de 5% β-glucano. En cuanto a lípidos se estableció el mayor porcentaje de grasas en el tratamiento T5 5.73%. En las actividades enzimáticas digestivas analizada en los intestinos de los juveniles, la proteasa manifestó menor actividad en el T3 con 38.14%, con la suplantación de 3% de β-glucano, para lipasa mostró mayor porcentaje de actividad en el T6 con el 42.28%, y amilasa registró en el T5 con el 79.82% siendo inferior a los demás tratamientos. Se estableció una relación entre las actividades lipolítica y aminolítica conforme va aumentando la inclusión de β-glucano, en cuanto a la actividad proteolítica se dio en los T4 y T6.</p>				

	<p>ABSTRACT. The main chemical components of tilapia meat are closely related to feeding, being an important factor concerning the nutritional value of the meat, storage capacity and digestion and absorption processes. The present research work aims to evaluate the chemical composition and digestive enzyme activity in juvenile red tilapia (<i>Oreochromis mossambicus</i> x <i>Oreochromis niloticus</i>) with the inclusion of β-glucan in diets, was conducted in the aquaculture and bromatological laboratory at the campus "La Maria", belonging to the FCA of the State Technical University of Quevedo, with a duration of 60 days, for which 6 treatments and three replicates were used in a DCA. Structured with an experimental diet with supplementation at different levels of β-glucan of 0 (control), 1, 2, 3, 3, 4 and 5 %. All analyses were performed on a dry basis at laboratory level, the chemical composition of the muscle of juvenile red tilapia, obtained higher averages in dry matter with 25.35%, carbohydrates with 38.97% and ash 2.44%, with the supplementation of 0% β-glucan in the diet, with respect to the protein variable had a higher percentage in T6 with 74.94%, with the inclusion of 5% β-glucan. Regarding lipids, the highest percentage of fats was established in treatment T5 with 5.73%. In the digestive enzymatic activities analyzed in the intestines of the juveniles, protease showed lower activity in T3 with 38.14%, with the supplanting of 3% of β-glucan, for lipase it showed higher percentage of activity in T6 with 42.28%, and amylase registered in T5 with 79.82% being lower than the other treatments. A relationship was established between lipolytic and aminolytic activities as the inclusion of β-glucan increases, while proteolytic activity occurred in T4 and T6.</p> <p>Key words: polysaccharides, proteases, proteins, pelleted diets, nutrition.</p>
Descripción:	Hojas
URL.:	

Introducción

La acuicultura, es en la actualidad, el sector de producción de alimentos que más rápidamente crece en el mundo, constituyendo aproximadamente el 50% de la producción acuática en total (Díaz, 2018). La tilapias ocupan el segundo lugar de la lista de las especies en peces más cultivados mundialmente, destacándose así este grupo de la tilapia roja, la cual es el resultado de la mutación que vio afectada la coloración de la tilapia mozambica (*Oreochromis mossambicus*) (Díaz, 2018). Por otra parte, en América Latina, la tilapia roja también es la especie íctica más cultivada, importante y constituye en base de la piscicultura comercial en países como Venezuela, Colombia y Ecuador.

La acuicultura en el Ecuador se ha diversificado, el camarón es el producto principal de esta actividad, pero no el único. Una de las actividades acuícolas que ha presentado un gran crecimiento en los últimos años es el cultivo de tilapia, incentivado especialmente por las miles de hectáreas de estanques camaroneros que fueron abandonados después del brote del Síndrome de Taura (FAO, 2013). Esta infraestructura disponible facilitó la introducción del cultivo de la tilapia roja como una alternativa en estas áreas, complementándose luego con el policultivo tilapia camarón. Actualmente existen cerca de 2000 ha dedicadas al cultivo de tilapia.

En Ecuador la tilapia roja que más se exporta es un tetra híbrido resultante del cruce entre cuatro especies representativas del género *Oreochromis*: *O. mossambicus* (Mozambica), *O. niloticus* (Nilótico), *O. hornorum* y *O. aureus* (Aurea). Aunque la producción de tilapia ecuatoriana se dirige a países de Europa y América, el 91 por ciento de las exportaciones se concentra en el mercado estadounidense, país en el cual las importaciones de tilapia ecuatoriana durante el 2004 alcanzaron 10400 toneladas (Rueda Escobar, 2018). La tilapia es el tercer producto acuícola importado en los Estados Unidos después del camarón y el salmón del Atlántico.

La tilapia desempeña un rol importante en el aporte de proteína. A escala mundial la demanda de proteína de origen animal alcanzó las 280 millones de toneladas y se estima que aumentará en los próximos años. De esta manera se constituye como un medio de ingreso para muchas personas, esto fundamentalmente como consecuencia del impulso económico y mejora del poder adquisitivo de los países emergentes.

Sin embargo, este crecimiento se ve contrastado con los desafíos que implican la competencia por el uso de tierra, la disponibilidad de recursos para alimentación animal, cambio climático, entre otras razones que, de alguna manera, limitan la expansión de los sistemas productivos (Caruffo, 2013). Por otro lado, la presencia de enfermedades se ha convertido en una de las principales restricciones a una acuicultura sustentable. Según datos del Banco Mundial, estas enfermedades están asociadas a pérdidas totales por año del orden de los 3 billones de dólares. (Caruffo, 2013). Las pérdidas económicas atribuibles a enfermedades infecciosas son mayores que la suma de todas las demás pérdidas productivas en su conjunto, esto puede explicarse por las altas mortalidades asociadas y debido a las bajas tasas de crecimiento y conversión alimentaria.

No obstante, en la actualidad se trabaja en la búsqueda de alternativas que permitan mejorar el rendimiento productivo, mantener el mismo perfil nutricional, disminuir la presencia de enfermedades e incrementar el margen de ganancia económico orientadas a una producción cada vez más orgánica y sustentable (Frederick, 2021). Tal es el caso del uso de biopotenciadores como los β -glucanos, los cuales poseen un alto nivel de eficiencia biológica, tienen la habilidad de inducir la activación de los leucocitos para promover la respuesta del sistema inmunitario, disminuyendo de manera significativa su mortalidad frente al desafío con el patógeno, así como mejorar el metabolismo y respuesta productiva (Duarte, 2018). Existen diversos marcadores biológicos valiosos que se pueden utilizar para explicar el óptimo aprovechamiento de los alimentos y bioestimulantes en dieta, tal es el caso de la composición bioquímica muscular y actividad enzimática digestiva.

El escaso conocimiento, y el poco uso en cuanto a los efectos de los biopotenciadores, en los cultivos de tilapia, ha hecho que se desarrolle crianzas poco beneficiosas en cuanto a la tecnificación, dando resultados indiscriminado para quienes emprenden esta actividad de interés comercial, además con resultados que puedan mejorar biológicamente y fisiológicamente en la digestibilidad y la actividad enzimática en la absorción de alimentos y nutrientes.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de investigación.

1.1.1 Planteamiento del problema.

En Ecuador, ha sido de gran importancia el sector productivo de tilapias, debido a su incremento en el consumo de tilapias, lo cual representa un problema actual surgiendo la necesidad de buscar alternativas frente a la demanda de alimento que sean de origen animal y ricos en proteínas, además saludable para la población, por lo tanto, la explotación de tilapias cumple una tendencia en la cual va en aumento en los próximos años, debido a esas razones, el poco conocimiento de información sobre el uso sobre los inmunopotenciadores que son biológicamente naturales la cual va a estimular y activar el sistema inmune y a su vez mejorar la composición química y la actividad enzimática y digestiva que actuará en los juveniles. La producción, como también la actividad del manejo y la alimentación, son importantes también en el cultivo, representando un desafío por los elevados costos. A esto también se suma las diversas enfermedades que pueden adquirir los juveniles, la cual causarían pérdidas económicas no sustentables.

Diagnóstico.

El déficit del uso de inmunoestimulante como el β -glucano en la dieta del cultivo de tilapia pudiera deberse al poco conocimiento de información acerca de incrementar las respuestas fisiológicas de la actividad enzimática digestiva y la calidad de la composición química, razón por la cual motiva la investigación.

Pronóstico.

Mediante la presente investigación se logrará incorporar el β -glucano en dietas; permitirá estimular la actividad enzimática digestiva y la composición química del tejido muscular del cultivo de tilapia roja.

1.1.2 Formulación del problema.

¿Tendrá incidencia el uso de β -glucano en dietas sobre la actividad enzimática digestiva y composición química del tejido muscular de juveniles de tilapia roja?

Sistematización del problema.

¿Cómo inciden los niveles de β -glucano para mejorar la composición química en el tejido muscular de los juveniles?

¿Qué efecto tendrá la inclusión de niveles de β -glucano en la dieta sobre las enzimas digestivas?

¿Será posible encontrar una relación entre el aumento de la actividad enzimática digestiva y la composición química del músculo de los juveniles de tilapia roja a medida que aumentan los niveles de β -glucano en dieta?

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Evaluar los efectos en la composición química y enzimas digestivas en juveniles de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus*) alimentados con β -glucano en dietas.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Analizar los efectos del β -glucano en dietas peletizadas sobre los componentes químicos del tejido muscular de la tilapia roja.
- Determinar la actividad enzimática digestiva de la tilapia roja con la inclusión de β -glucano en dieta.
- Identificar la relación en la actividad enzimática digestiva y la composición química del tejido muscular en juveniles de tilapia roja en función de los tratamientos.

1.3 Justificación.

La producción acuícola ha crecido en los últimos años. Es y ha sido una importante fuente de alimentación proteica y lipídica con alto valor biológico, representando gran interés en no solo en maximizar el rendimiento técnico y económico sino también en la disponibilidad y facilidad de creación de alimentos más adecuados a las necesidades fisiológicas que presentes el animal, es decir el aprovechamiento del alimento y el estado nutricional, es necesario estimular el consumo de alimentos que sean libres de químicos, saludables y de buen sabor, para mejorar la salud, reducir el riesgo a la susceptibilidad de patógenos infecciosos y enfermedades, Una de las alternativas es la suplementación de dietas balanceadas con la utilización de bioestimulante, en niveles de β -glucano para determinar el efecto que causa sobre la actividad enzimática digestiva y la composición química a nivel de los intestinos y carne de tilapia, la cual actuará como una estrategia promotora para disminuir pérdidas económicas y activar la capacidad defensiva y la supervivencia, en la que se verán beneficiaran los productores al conocer el contenido nutricional de la tilapia.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco conceptual.

β – glucano.

Los β -glucano son polisacáridos totalmente naturales. Estos polímeros de glucosa que por su naturaleza se encuentran en las paredes celulares de levaduras, cereales, algas, bacterias y hongos, que representan un inmunoestimulante que se conocen desde hace miles de años, contienen polisacáridos biológicamente activos que en su mayoría pertenecen al grupo de los β -glucano (Kühlwein, 2013).

Enzimas.

Son proteínas sintetizadas que actúan como catalizadores biológicos. Un catalizador es la sustancia que acelera la reacción química, por lo tanto las enzimas permiten que se lleve a cabo la velocidad compatible a las necesidades específicas de las células. Esta ocupa un papel fundamental en la regulación y en la producción de sustancias, liberando energía y generando información (Assan, 2021).

Proteínas.

Las proteínas son de gran importancia, ya que se refiere al principal componente de diversas funciones que son tanto funcional y estructural de las células dentro del organismo vivo (Babault, 2014). Una proteína se compone de numerosas cadenas largas de aminoácidos, correspondiente a la secuencia del gen que la codifica que es el ADN. Una de sus funciones es la absorción, digestión y metabolismo. Se necesitan ser reducidas de dipéptidos o tripéptidos a aminoácidos para ser posteriormente absorbidas por las células presentes en la mucosa intestinal (Rabassa-Blanco, 2017).

Polisacáridos.

Se denominan también glucanos, son polímeros constituidos por decenas y miles de unidades de monosacáridos que pueden alcanzar altos pesos moleculares. Suelen ser estructurales y de almacenamiento energético en función del organismo. Además son homopolizadores de glucosa que se integran en las unidades de heteropolisacáridos. Estos están constituidos por largas cadenas químicas así mismo con grado de ramificación (Riveros, R., y Martínez, F., y Pardo, J., 2013).

2.2 Marco referencial.

2.2.1 Inmunoestimulantes.

Los inmunoestimulantes aceleran la resistencia a la enfermedad mediante los mecanismos específicos o inespecíficos de las defensas, convirtiéndose en agentes primarios profilácticos. Las limitaciones dentro de la inmunoestimulación dependen del estado de desarrollo del (sistema inmunológico), asociados a organismos blancos. Muchos de los inmunoestimulantes son nutrientes habituales de la dieta como son los polisacáridos, proteínas o lípidos que son suministrados en concentraciones elevadas para producir un efecto estimulante (Akhter, 2015).

Se considera como una estrategia promotora para disminuir las pérdidas económicas por diversas enfermedades y disminuir a su vez el uso indiscriminado de productos quimioterapéuticos y antibióticos que pueden provocar, en ciertos casos, efectos colaterales e indeseables, como el desarrollo de resistencia ante bacterias patógenas, provocando la acumulación de residuos en los tejidos de los peces, esto conlleva la inmunosupresión y la reducción de las preferencias en cuanto a los consumidores por los peces (Pérez, 2014).

2.2.2 Mecanismo de acción de los inmunoestimulantes.

Los inmunoestimulantes se consideran una de las alternativas a los quimioterápicos y antibióticos. También conocidos como medicamentos y nutrientes, estimulan el sistema inmunológico para hacerlos más resistentes a infecciones microbianas, induciendo o aumentando la actividad de cualquier de sus componentes, con diferentes características químicas y variados modos de acción (Vijayan, K., Makesh, M., Otta, S., Patil, P., Poornima, M., Alavandi, S., 2017).

2.2.3 β -glucanos.

Los glucanos existen principalmente en las paredes celulares de las bacterias y levadura, poseen un enlace de hidrógeno intramolecular específico. Los glucanos son reconocidos por el sistema inmunológico de animales acuáticos como un patrón molecular extraño (Souza F.

P.-M.-B., 2020). La aplicación de glucanos ha sido ampliamente estudiada en animales acuáticos, y los hallazgos indican que los β -glucanos promueven el crecimiento en ciertos tipos de animales acuáticos.

Los mecanismos de los β -glucanos promueven el crecimiento de los animales acuáticos no está claro; sin embargo, hay dos hipótesis distintas sobre su función en acuicultura. Se produce glucanasa en su glándula digestiva. La glucanasa descompone los β -glucanos para generar energía, que posteriormente se puede utilizar para la síntesis de proteínas, promoviendo así el crecimiento (Wang, 2016).

2.2.4 Estructura de β -glucanos.

Estructuralmente todos los β -glucanos son carbohidratos o polímeros que contiene glucosa unidas entre por un núcleo de cadena β -glicosídica lineal de 1,3 que difieren por su longitud y ramificación, siendo principalmente el componentes de estructuración las paredes celulares de levaduras hongos y algunas bacterias, los β -glucanos de levadura tienen 1,6 ramas laterales con 1,3, en cuanto los hongos tienen 1,6, mientras que los de la avena y la cebada son principalmente lineales con grandes regiones de 1,4 enlaces que separan 1,3 estructuras más, cortas cumpliendo un importante rol estructural en la pared celular o reservorio energético (Nakashima, 2018).

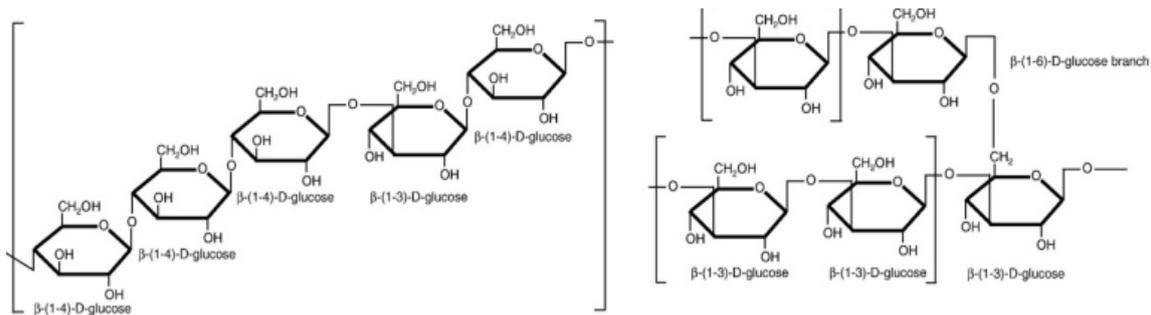


Figura 1. Estructura del β -glucano de levadura y cereal

Fuente: (Nakashima, 2018).

La diversidad de estas moléculas se debe, a las diferencias en la disposición y proporción de sus enlaces glicosídicos β -1,3, β -1,4 y β -1,6, donde la mayoría de los casos se presentan

como una cadena principal de longitud variable enlaces β -1,3 o β -1,4, con ramificaciones laterales de monómeros de cadenas de glucosa (Espinoza, 2017). Los β -glucanos son derivados de levaduras y hongos, a pesar de poseer enlaces y ramificaciones similares, difieren en la longitud de sus cadenas, siendo más largas en las levaduras (Pizarro, 2014).

2.2.5 Efecto de β - glucanos en el crecimiento de peces.

Muchos estudios indican que los β -glucanos promueven el crecimiento de animales acuáticos en relación a la cantidad incluido en el pienso, la duración de la alimentación, la temperatura de cultivo y las especies que se crían, activan las células fagocíticas en los peces, mejorando la capacidad de las células para matar organismos patógenos o infeccioso, demostrado también que mejoran fagocitosis de hemocitos, actividad fenoloxidasa y actividad respiratoria, así como mejorar la resistencia en los virus (Wang, 2016).

2.2.6 Reconocimiento del β -glucano.

Se activa directamente los leucocitos, para estimular la fagocitosis, también la actividad citotóxica y antimicrobiana, que incluye la reactivación y producción de oxígeno y nitrogenado; adicional a esto los carbohidratos modulan en la producción de pro inflamatorio, quimioquinas y citoquinas como Interleuquina 8 y Factor necrosis tumoral alfa, proporcionado una mejor y rápida capacidad de respuesta en apertura de una resistencia contra patógenos que tiende aumentar la tasa de supervivencia (Souza F. P.-M.-B., 2020).

2.2.7 Estado mundial de la Acuicultura.

El consumo mundial de pescado se ha duplicado en el crecimiento demográfico, poniendo de evidencia que el sector pesquero es importante y fundamental, para alcanzar la meta de un mundo sin hambre y malnutrición (FAO, 2013). Considerando la población del mundo actual, de 7 mil 837 millones de habitantes, la disponibilidad bruta de productos pesqueros para alimento es de 17,5 kg/habitante/año (Parada, 2010). La tendencias en la producción pesquera mundial alcanzó un máximo de aproximadamente 171 millones de toneladas en 2016, de los cuales la acuicultura representó un 47% total (FAO, 2013).

2.2.8 Acuicultura en Ecuador.

La acuicultura ecuatoriana total produce unas 110.651 TM anuales, de las cuales un 97,3 % corresponde al cultivo del camarón marino (*Litopenaeus* sp.) y el 2,7 restante a otras especies (peces y crustáceos de agua dulce). El potencial de la acuicultura marina, el alto valor comercial comparado con otros productos provenientes de recursos bioacuáticos, la ubicación costera de las instalaciones, los conflictos con otros sectores económicos por el uso de los recursos, los impactos ambientales que genera, etc., demandan también métodos y herramientas de gestión apropiados a tales características. La diversificación, la tecnificación y la implantación de “buenas prácticas de manejo” (BPM) son requisitos para lograr una acuicultura responsable y competitiva (Armijos-Suárez, 2015).

2.2.9 La acuicultura de agua dulce.

Tiene su mayor desarrollo en la región interandina, básicamente con los centros de cultivo de la trucha arco iris. El cultivo del chame y la tilapia tienen algunos avances en la región costa, particularmente de la tilapia que ha crecido notoriamente en los últimos cinco años. Al igual que la pesca en ríos y lagos, la acuicultura de aguas continentales requiere de regulaciones actualizadas, como muchos otros aspectos de la explotación de recursos bioacuáticos del Ecuador (Armijos-Suárez, 2015). En base a los datos de productores piscícolas identificados al 2017 se evidencia un crecimiento del 15% de la actividad piscícola a nivel nacional (Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca., 2020).

2.2.10 Tilapia.

Las tilapias demostraron ser peces con rápida maduración y numerosos desoves anuales, reproduciéndose en los estanques a una temprana edad (dos a tres meses) y cada 30 días. Es considerada como la "gallina de agua debido a que tiene un sabor fresco agradable y pocas espinas. Desde el punto de vista nutricional se considera que su nivel de proteína es más elevado que el presentado por las carnes rojas. Las especies del género *Oreochromis* son las de mayor aceptación en cultivo comercial, destacándose entre ellas la *Oreochromis* sp. o "tilapias rojas" (Jantrakajorn, 2014).

2.2.11 Taxonomía.

Tabla 1. Taxonomía de la tilapia roja

Taxonomía	Categoría
Reino	Metazoa (alimania)
Dominio	Ecuariota
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Orden	Periforme
Suborden	Percoidei
Clase	Actinopterygii
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i> , tilapia
Especie	<i>Oreochromis sp.</i>

Fuente: (Pallares, 2013).

2.2.12 Morfología.

La morfología externa de la tilapia roja se detalla en la Figura 2.

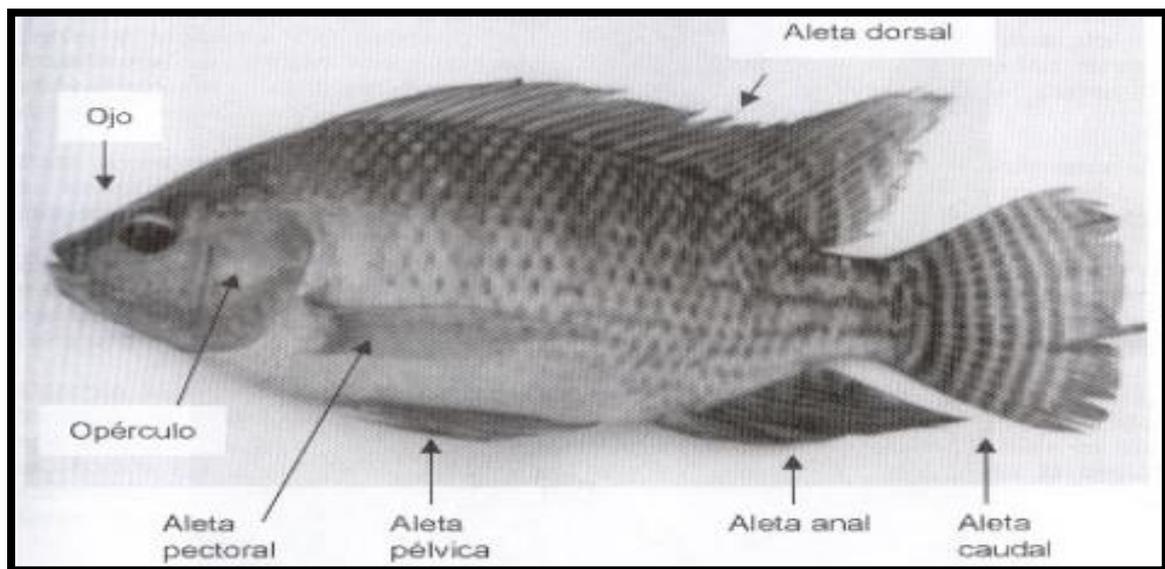


Figura 2. Morfología externa de la tilapia roja.

Fuente: (V., 2019).

La morfología interna de la tilapia roja se detalla en la Figura 3.

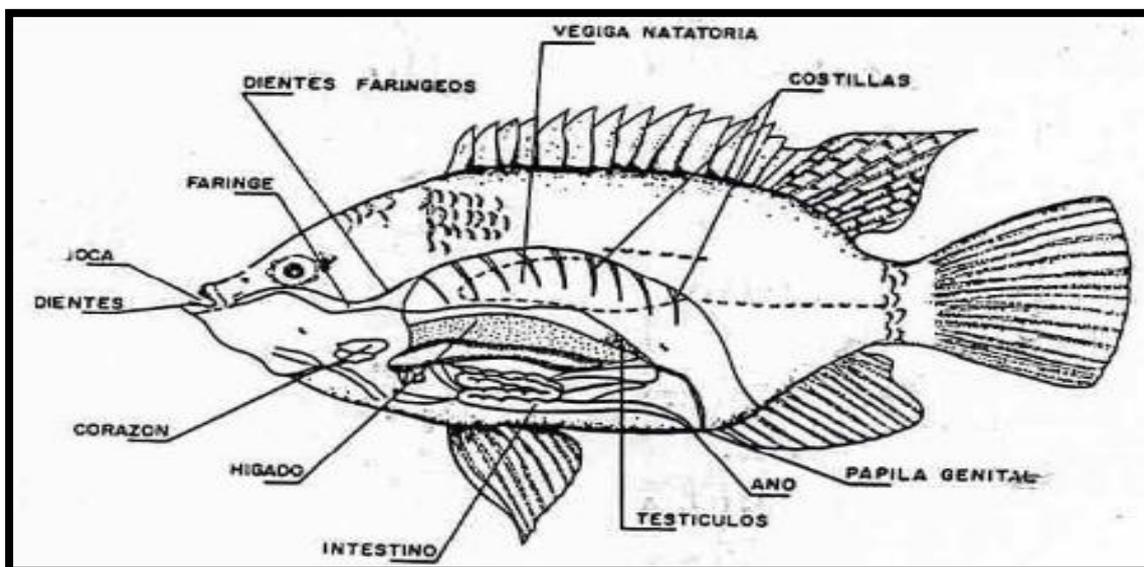


Figura 3. Morfología interna de la tilapia roja.

Fuente: (Asociación Sinaloense de Productores de Tilapia A.C., 2013).

2.2.13 Alimentación.

El alimento es quizás el factor económico más importante, para el engorde de la tilapia, ya que representa más de un 65 % del costo total en su producción (Calderón, 2016). Todas las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, el género *Oreochromis* se clasifica como omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere (Calderón, 2016). El suministro de alimentos balanceados aporta una dieta completa de los macronutrientes, en especial la proteína ya que los animales acuáticos tienen altas necesidades de proteínas en comparación con los animales terrestres (Fortin, 2020).

2.2.14 Fisiología digestiva.

2.2.15 Sistema digestivo.

El sistema digestivo de las tilapias es muy importante, ya que por medio de él se obtiene la energía para los diversos procesos metabólicos y funciones básicas, El aparato digestivo consta de boca, faringe, esófago, estómago e intestino que termina en orificio anal, los peces

carecen de glándulas salivales pero constan de glándulas asociadas; hígado y páncreas. Estos órganos se encuentran íntimamente ligados con el sistema respiratorio, debido a que las branquias participan en el proceso de captación de alimentos (Castillo Y. y., 2018).

La tilapia posee una boca pequeña con una serie de dientes faríngeos que se utilizan para quebrar los alimentos en partículas más pequeñas, previo a la digestión. El epitelio del esófago es ciliado y rico en células mucosas que sirven como lubricante para el transporte del alimento ingerido, dada la presencia de musculatura estriada en el esófago. En el intestino se da la digestión final de carbohidratos, lípidos y proteínas (Castillo Y. y., 2018).

2.2.16 Digestión.

Depende de los medios que posee la tilapia para fragmentarlos. Es frecuente la tasa negativa de producción de peces cuando las condiciones de alimentación son muy pobres o cuando se encuentran en altas densidades en el estanque y jaula, las tilapias en tales casos utilizan sus reservas perdiendo peso, debido a que no encuentran suficiente alimentación para su mantenimiento y crecimiento (Calderón, 2016).

El alimento finalmente molido sería más digerible, y por lo tanto, mejor aprovechado por la tilapia para su desarrollo y crecimiento. Cuando se tienen cantidades ilimitadas de alimento, puede pasarlo por el intestino más rápidamente que cuando tiene una cantidad limitada. Esto puede significar una digestión más completa (Arteaga, 2018).

2.2.17 Enzimas digestivas.

Las enzimas son catalizadores biológicos que incrementan la velocidad de una reacción. Sin verse alterada ella misma en el proceso global. Por lo que una vez ingerido el alimento, inicia el proceso de digestión, para lo que se requiere una serie de enzimas, sustancias que permitan que el organismo tenga los nutrientes necesarios para ser asimilados, siendo la mayor parte catalizadores son proteicos (Nieves-Rodríguez, 2018).

La tripsina es la única enzima pancreática que puede activar otras enzimas digestivas, y por lo tanto, puede desempeñar un papel fundamental en el proceso digestivo del pez. Siguiendo la inicial digestión de proteínas por tripsina y otras endoproteasas, exoproteasas unidas al

borde en cepillo se rompen aún más los péptidos a aminoácidos antes de que puedan ser absorbidos en la luz intestinal (Nieves-Rodríguez, 2018).

Proteasas.

En los animales acuáticos, se conoce que más de catorce proteasas alcalinas están presentes en su tracto digestivo. El páncreas es el órgano principal que secreta a las proteasas. De manera general son secretados de forma de zimógenos, su activación se debe a las enzimas ocurriendo en el péptido que oculta el sitio activo. Aunque otros órganos como el hígado, la vesícula biliar y la bilis, meristemo intestinal, demuestran una actividad proteolítica, en cuanto sería la mezcla de las enzimas pancreáticas con las intestinales, jugando un papel importante en la fase última de la digestión de la proteína (Guzmán-Villanueva, 2014).

Lipasas.

Las lipasas gástricas son enzimas que llevan a cabo la hidrólisis extracelular de los lípidos, sustratos poco solubles (Palomino, 2019). Las lipasas descomponen los triglicéridos en diglicéridos, monoglicéridos, glicerol y ácidos grasos libres, compuestos más simples para su absorción, favoreciendo la existencia de agua, lípido en el tracto intestinal (Enciso, 2016).

Actúa sobre los esteres simples de los ácidos grasos con un bajo peso molecular que contiene una cierta capacidad para solubilizarse, se distinguen por que hidrolizan sustratos que son pocos solubles esta enzima se ha descrito en varios tejidos de los animales (páncreas, saliva, jugos pancreáticos y plasmas sanguíneos), Existen tres tipos de enzimas digestivas (Nieves-Rodríguez, 2018).

- Lipasa pancreática: es de forma activa y única, efectúa la hidrólisis o rotura de triglicéridos ingeridos en la dieta en monoglicéridos y ácidos grasos libres. Para que ello sea posible, las sales biliares actúan emulsionando las grasas y creando gotas más pequeñas que facilitan la acción de la lipasa.
- Lipasa no específica: Digieren lípidos neutros, ésteres de colesterol y ceras, están ampliamente distribuidas en la naturaleza, se encuentran en microorganismos, plantas y animales (Palomino, 2019).

Amilasas.

La amilasa es una enzima intestinal que se usa para digerir carbohidratos, catalizan la hidrólisis del almidón y glucógeno del enlace alfa (1-4). Los inhibidores de amilasa se encuentran en el trigo. Y frijoles. Se ha informado que son sensibles al calor (95-100 ° C ò 203-212 ° F), digerido por pepsinas (Machuca-Valverde, 2021).

La amilasa, una enzima que digiere que se encarga de hidrolizar glucógeno. Se encuentra presente en el jugo pancreático en la gran cantidad de animales, absorbe al almidón crudo, de manera, que se inhibe la hidrólisis del almidón, a lo largo de la cadena del polímero hidrocabonato, liberando moléculas de glucosa y maltosa (Machuca-Valverde, 2021).

2.2.18 Composición química.

La constitución química de los peces varía considerablemente, entre especies y entre individuos de una misma especie. Depende de varios factores importantes tales como: edad, sexo, tejido muscular, medio ambiente, estación del año, nado migratorio, cambios sexuales relacionados con el desove, y principalmente, la alimentación (N., 2017). Los principales componentes químicos de la carne del pescado son: agua, proteínas y lípidos. Estos componentes tienen máxima importancia en lo referente a su valor nutritivo, textura, características sensoriales y capacidad de almacenamiento (Sanabria-Boudri, 2019).

2.2.19 Principales constituyentes.

Tabla 2. Principales constituyentes del músculo de pescado

Constituyente	Pescado filete		
	Mín	Variación Normal	Màx
Proteínas	6	16-21	28
Lípidos	0,1	0,2-25	67
Carbohidrato		<0,5	
Agua	28	66-81	96
Cenizas	0,4	1,2-1,5	1,5

Fuente: (Vela, 2013).

Las variaciones en la composición química del pescado están estrechamente relacionadas con la alimentación. Durante los periodos de intensa alimentación el contenido de proteínas del músculo aumenta al principio muy levemente, y luego el contenido de lípidos muestra un marcado y rápido aumento (Arteaga, 2018).

2.2.20 Propiedades de la carne de tilapia.

El músculo de la tilapia posee en gran abundancia una variante lipídica con capacidad de proteger el corazón, nos referimos a el famoso omega 3 el cual es un lípido, pero bueno, ya que además permite controlar el colesterol de la sangre e interviene en la prevención de cáncer (Arteaga, 2018).

La carne de tilapia presenta gran cantidad de proteínas y vitaminas D y E buenas para la dermis, complejo vitamínico B el cual mantiene el sistema nervioso, fòsforo y calcio que mantiene el sistema óseo y por último el ácido fólico esencial en el embarazo. También se sabe que el consumo frecuente evita la acción de las células del envejecimiento gracias a que tiene antioxidantes. En la tilapia está presente un tipo de grasa que no es común en otras especies el omega 3 con acción cardioprotectoras, buena en el colesterol de la sangre y se le aluden ciertas propiedades anticancerígenas (Arteaga, 2018).

Proteínas.

Son moléculas orgánicas formadas por C, H, O y N, que pueden contener también P, S entre otros bioelementos. Se componen también de unas moléculas denominadas aminoácidos (Sierra Sur I.E.S. , 2015), las cuales representan las moléculas orgánicas más abundantes en el interior de la célula, alrededor del 50 % o más (Macías, 2018). Conforman el segundo constituyente más importante del pescado, son una excelente lisina, metionina y cisteína, y puede aumentar significativamente el valor de dietas basadas en cereales, que son pobres en estos aminoácidos esenciales (Triviño, 2017).

La carne se la considera una proteína de alto valor biológico, no solo porque tiene todos los aminoácidos esenciales, sino también porque presenta índices de digestibilidad superiores a los de la carne de vacuno, huevos y leche (Cruz, 2012).

Lípidos.

Son sustancias orgánicas, insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos, que componen la constitución de la unidad integral de orgánulos en la célula, por lo cual se lo conoce a menudo como lípidos de estructura. Los lípidos además de ser fuente importante de energía, proveen los ácidos grasos, los cuales son constituyentes importantes de las membranas celulares, y ayudan a mejorar el crecimiento y la sobrevivencia (Pennisi, 2013).

Los lípidos son aparentemente digeridos a ácidos y monoglicéridos en el lumen del tubo medio (región del tracto digestivo indiferenciada, que posteriormente se convertirá en intestino anterior), absorbidos dentro del epitelio del tubo medio, resintetizados en el retículo endoplásmico granular y depositados en grandes gotas lipídicas (Rivera, 2009).

Carbohidratos.

Químicamente los carbohidratos son sustancias orgánicas que llevan en su molécula una o más veces la función alcohol, y la función aldehído o la función acetona. Siendo el almidón un polisacárido, se ha observado que es una de las formas más importantes de ofrecer carbohidratos en las dietas de peces, en su músculo se encuentra una cantidad muy baja, inferior al 0,5% encontrándose de forma de glucógeno (Huaman, 2015).

En general, los peces tropicales de agua dulce presentan mayor capacidad de digestión y asimilación de carbohidratos que los peces marinos y de agua frías (Gutiérrez, 2019).

Energía.

Cuando se habla de energía se hace referencia a un proceso dinámico cambiante destinado a producir trabajo. La energía no es un nutriente, sin embargo, es liberada durante la oxidación metabólica de estos. Por ello para varias especies han sido determinadas las exigencias dietarias de los nutrientes conjuntamente con las exigencias de energía. Como principio general, los animales comen para satisfacer sus necesidades energéticas esenciales (metabolismo básico, actividades rutinarias, crecimiento, reproducción) (Gutiérrez, 2019).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización y metodología.

La presente investigación, se llevó a cabo en el sector María Fernanda ubicada en el km 23 de la vía el vergel, provincia de Los Ríos. Propiedad del señor Mauricio Intriago Loor cuya coordenadas geográficas son: 0° 57'09" de latitud Sur, y 79° 21' 11" de longitud Oeste con 60 m.s.n.m. con una duración de 60 días.

3.1.1 Condiciones agroclimáticas.

En la tabla 3, se detallan las condiciones agroclimáticas presentes en el sector María Fernanda, lugar donde se llevó a cabo la presente investigación.

Tabla 3. Condiciones agroclimáticas.

Parametros	Valores promedios
Temperatura promedio anual °C	18-26° C
Humedad relativa promedio %	85 y 87 %
Precipitación /mm/añual	2.000 a 2.500 mm
Heliofanía, promedio anual Hs	1.67

Fuente: Datos de estación meteorológica Pichilingue INAMHI

3.2 Tipo de investigación.

3.2.1 Experimental.

La presente investigación pertenece a la línea de investigación de Agricultura, Silvicultura y Producción Animal y la sublínea de desarrollo de sistemas de producción que promueven el uso eficiente de los recursos genéticos, desarrollando la acuicultura a través de una investigación experimental contribuyendo a la evaluación del efecto del β -glucano en la inclusión de dietas para tilapia sobre la respuesta en de la composición química del músculo y la actividad enzimática digestiva de alevines de tilapia roja.

3.3 Método de investigación.

3.3.1 Método analítico.

El método analítico permitirá evaluar variables bromatológicas y la actividad enzimática digestiva con respecto a la respuesta de la inclusión adecuada del β - glucano en la dieta en tilapia.

3.3.2 Método inductivo.

El método inductivo es aquel que permitirá utilizar las premisas, desde el conocimiento general al particular, con la finalidad de una conclusión, para evaluar el efecto de la alimentación de peces con balanceado convencional y con incorporación del β - glucano la cual se analiza sobre el perfil bromatológico y la actividad enzimática digestiva en los peces.

3.4 Fuentes de recopilación de información.

La información primaria, se obtendrá en la información que se recolectaron en el tiempo de investigación, donde los resultados brindarán la información requerida. La información secundaria recopilada del marco conceptual y referencial, provienen de las fuentes bibliográficas como los artículos científicos, tesis de pregrado, folletos, libros, reportes estadísticos, notas técnicas, sitios web, etc.

3.5 Diseño de la investigación.

El diseño que se utilizó en la investigación fue completamente al azar (DCA) bajo investigación de 60 días, con el uso de 6 tratamientos (0, 1, 2, 3, 4 y 5% de β -glucano en dieta). Se trabajó con tres repeticiones (piscinas plásticas con 25 Litros de agua), Se empleó una densidad de 15 juveniles/tanques. Las dosis de β -glucanos fueron determinadas en base a otras investigaciones consultadas, donde se ha estudiado la inclusión de β -glucanos en la dieta para la alimentación de tilapias, en rangos que oscilaron de 0,5 a 3g/kg, obteniendo resultados prometedores en variables enzimáticas y productivas. A continuación se muestra el análisis de la varianza (Tabla 4).

Tabla 4. Esquema del análisis de varianza.

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad
Total	$(t*r)-1$	17
Tratamiento	$t-1$	5
Error experimental	$[(t*r)-1]-t-1$	12

Modelo matemático:

Para este ensayo se empleó un modelo matemático cuyo esquema es lo siguiente:

(Ecuación 1)

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

E_{ij} = (Error experimental) Efecto aleatorio

Y_{ij} = Total de una observación.

T_i = Efecto del tratamiento.

μ = Efecto de la media de la población (M., 2018).

3.6 Instrumento de investigación.

3.6.1 Formulación y elaboración de dietas experimentales.

En el presente estudio, todas las dietas (Tabla 5) se formularon en el software (LINDO Systems, Inc. IL, USA), con la suplementación de diferentes niveles de β -Glucanos: 0 (control), 1, 2, 3, 4 y 5 %, para un total de 6 tratamientos. Todos los ingredientes se tamizaron con un tamiz de malla de 250 μ m y se pesaron en una balanza digital (0,01 g; PE 3600 Mettler-Toledo, OH, USA). Para cada dieta se mezclaron todos los macroingredientes en

una mezcladora industrial (Hobart 20 Qt-A200, OH, USA) hasta obtener una mezcla uniforme. Los microingredientes se mezclaron en un recipiente plástico antes de agregarlos a la mezcla. La lecitina de soja y aceite de pescado se mezclaron hasta obtener una mezcla homogénea y luego se agregó agua con un equivalente al 30 % por peso de los ingredientes.

El alimento fue pelletizado con una picadora de carne (Tor-Rey MJ22 JR, N L, MX) para obtener gránulos de 2 mm, que luego se secaron durante 8 h a 45 °C en un horno de flujo de aire (Hafo Serie 1600, Sheldon Manufacturing Cornelius, OR), luego los pellets secos se envasaron en bolsas plásticas y se mantuvieron a -4 °C (Méndez-Martínez, 2021). hasta su uso para el análisis de composición química (materia seca, proteínas, lípidos, carbohidratos y ceniza) de las dietas se utilizaron los métodos descritos por la AOAC.

Donde, para determinar energía, se tomaron las muestras pesando 1.5 gramos añadió dentro de una pastilla metálica, se colocó 10 cm de alambre para que realice el contacto con la muestra; se introdujo la pastilla dentro de la bomba y se incorporó 30 atm de oxígeno para sumergir la bomba calorimétrica en 2 litros de agua destilada a una temperatura de 19 a 20 °C. En el transcurso se anotó la temperatura inicial y final por 5 minutos y luego se extrajo el oxígeno, luego se enjuago con agua destilada y se colocó en un matraz en donde se le añadieron 10 gotas de fenolftaleína, solución de carbonato de sodio y con la ayuda de la probeta se realizó la titulación gota a gota, agitando hasta que por ende tome un tono Palo rosa, finalmente procediendo a los cálculos correspondientes.

Para la obtención de fibra cruda, se colocó en los crisoles 1 gramos de muestra añadiendo 30 ml de ácidos sulfúrico diluido y 0.5 ml de octanol en cada muestra dejando actuar por 1 hora luego se hizo el respectivo lavado con agua destilada para colocar de nuevo 10 ml de hidróxido de potasio volviendo hacer dicho proceso mencionado, añadimos 0.5 ml de acetona extraemos con la bomba de vacío hasta que el olor no persista, se tomaron los vasos salidos de la estufa y por último se colocaron en la estufa por 3 horas, con todos los datos obtenidos se determinó la fibra cruda.

La metodología para la determinación de las demás variables bromatológicas se muestra en la siguiente sección.

Tabla 5. Formulación y composición química de dietas experimentales con diferentes niveles de inclusión de β -Glucano

Ingredientes	Niveles de β -Glucanos en dietas (%)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Pasta de soya	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00	28.00
Harina de Pescado	46.50	46.50	46.50	46.50	46.50	47.00
Harina de Trikgo	13.90	13.90	13.90	13.40	12.90	11.90
Harina de Maíz	4.00	3.00	2.00	1.50	1.00	0.50
β -Glucanos	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
Lecitina de Soya	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Aceite de pescado	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Grenetina	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Vitamina C	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Premezclas Minerales	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Premezclas Vitamínicas	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Composición proximal real (% Materia Seca)						
Materia seca (%)	89,07	89,54	89,51	88,76	89,24	89,21
Proteína (%)	37,65	37,78	37,63	37,45	37,84	38,26
Grasa (%)	3,15	3,24	3,43	3,29	2,28	3,73
Ceniza (%)	5,74	8,79	7,37	6,10	8,21	7,01
Fibra (%)	4,60	5,62	4,93	4,87	4,54	5,08
Hidratos de Carbono (%)	48,87	44,57	46,64	48,29	47,13	45,92
Energía bruta ((Kcal/g))	4,43	4,31	4,26	4,28	4,28	4,42

3.6.2 Condiciones de cultivo de los peces.

Los juveniles de tilapia roja fueron donados por la finca “Lupita”. Durante los 60 días de permanencia. Las gavetas experimentales fueron sifonados diariamente en las mañanas antes de ser alimentados para desechar las heces y alimentos restantes reemplazando totalmente el agua, los alevines inicialmente serán alimentados a una tasa del 4% de la biomasa dia-1

dividido en dos raciones el 50% a las 8:00 horas y 50% a las 16:00 horas, siendo ajustadas cada semana para disminuir la cantidad de comida sobrante.

Durante el período se realizó el control de los parámetros físico-químicos del agua semanales, la temperatura se midió con un termómetro, por lo tanto se mantuvieron con temperaturas entre 25 y 26 °C, mientras que el oxígeno se evaluó con un oxímetro digital, dándonos valores con rango entre de 4 a 5 mg L.

Tabla 6. Indicadores de calidad de agua.

Indicadores	Valores
pH	7.6
Amonio	0.21 a 0.24 mg L ⁻¹
Nitritos	0.21 a 0.23 mg L ⁻¹
Nitritos	4 - 12 mg L ⁻¹
Carbonatos	71.6 ppm/ L

3.6.3 Variables respuestas evaluadas.

Terminado del periodo de cultivo, fueron diseccionados tanto el tejido muscular y los intestinos, los cuales serán puestos en bolsas de plástico por separado y se almacenará a -80 °C hasta su análisis, serán realizados por triplicado.

3.6.3.1 Composición química del músculo de juveniles de tilapia.

Los métodos empleados son establecidos por la AOAC, los cuales se describen a continuación.

Materia seca.

Para determinar la materia seca se trabajó por muestra, tomando el dato del peso del crisol más 2 gramos de muestra, llevada a la estufa durante 24 horas a 65°C, luego se determinó los cálculos para la humedad.

Determinación de la grasa.

Se determinó con el (método de extracción Gotfish) luego de haber macerado la muestra se pesó 1 g por repeticiones y se lo envolvió en papel filtro enumerados correctamente, luego se añadió 40 ml de éter de petróleo en cada vaso junto con la muestra, colocándola en el determinador de grasas durante 4 horas, después de hacer la extracciones, dejamos 15 min en la estufa y posteriormente pesar y obtener los cálculos correspondientes.

Obtención de ceniza.

Cada muestra se incineró a 550°C colocadas en Mufla, se colocó en un desecador para obtener el peso final de la muestra calcinada.

Determinación del contenido de proteína.

Se determinaron por el método de Kjeldahl, las muestras fueron envueltas en un papel de seda y colocadas en un tubo digestor añadiendo ácidos sulfúrico y una pastilla catalizadora, posteriormente se realizó la digestión de gases, de allí fueron colocadas en el destilador la cual contiene hidróxido de sodio y ácido bórico, se realiza la titulación gota a gota y por último. El extracto libre de nitrógeno será determinado por el método de Weende.

(Ecuación 2)

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 3)

Fórmula para calcular Lípidos

$$\% G = (W_2 - W_1) / W_0 \times 100$$

Donde:

G = Porcentaje de grasa

W0 = Peso de la muestra

W1 = Peso del vaso beaker vacío

W2 = Peso del vaso más la grasa

(Ecuación 4)

Fórmula para calcular Proteínas

$$\% G = (W_2 - W_1) / W_0 \times 100$$

Donde:

G = Porcentaje de grasa

W0 = Peso de la muestra

W1 = Peso del vaso beaker vacío

W2 = Peso del vaso más la grasa

(Ecuación 5)

Fórmula para calcular Hidratos de Carbono

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

(Ecuación 6)

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.

Las muestras de los intestinos fueron maceradas y colocadas en solución de buffer 300 mM de tris-HCl y 12.5 mM de CaCl₂ con un pH de 7.5. Se centrifugaron a 14.000 rpm a 4°C por 15 min. Los sobantes obtenidos fueron almacenados en tubos Eppendorf a -20°C.

Primeramente se determinó la unidad de concentración de proteína en cada muestra, la cual se utilizó la técnica Bradford, se le añadió 1 ml de reactivo y se agitó en vortex. La densidad óptica (DO) se midió a ABS 595 nm con un espectrofotómetro uv/visible entre 60 min determinando la reacción colorimétrica. La recta se llevó a cabo en una solución estándar de albúmina bovina 1 mg/mL.

Amilasa.

La actividad se determinó 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 µl 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 de incubación, se midieron los azúcares reductores con ABS 600 nm. 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 µg de maltosa por minuto.

Lipasa.

Esta actividad se realizó por el método de Versaw et al, en la cual en 100 ul de taurocolato de sodio 100 mM además de 1.9 ml de Tris HCl 50 mM con pH=7.2, también se le agregó 20 uL de extracto enzimático, incubado a temperatura ambiente por 5 min y se inició la reacción con 20 ul de B-naftil caprilato 200mM por 30 min a 37°C. También se agregó 20 uL de fast blue 100 mM, incubado por 5 min. detubiendo la reacción con 200 ul de TCA 0.72 N, clarificando con 2.71 ml de etanol acetato de etilo (1:1 v/v). Agitado por el vortex leyendo a ABS540nm en cubetas de vidrio. De la misma manera, la lipasa se definió como la cantidad necesaria de enzima para incrementar 0.01 unidades de ABS540nm por min.

Proteasa.

Se determinó por la técnica de Anson, se adiciono 0.1 M glicina-HCl y 1 mL de hemoglobina 0.5% con un pH 2.0 se le agregó 20 µl de extracto enzimático, se incubó durante 30 min a 37 °C y la reacción se detuvo por añadir 0.5 mL de ácido tricloroacético TCA al 20%. Después de reposar la reacción (15 a 30 min) a 4 °C, se centrifugó a 12.000 rpm en 5 min. Se midió la cantidad de tirosina liberada ABS280 nm con ayuda de un espectrofotómetro uv/visible. La unidad de actividad se determinó con la cantidad de enzima que cataliza la

formación de 1 µg de tirosina en min. En la determinación del coeficiente molar de tirosina, se realizó un recta de patrón con diferentes concentraciones de tirosina entre 0 a 300 µg/mL.

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

(Ecuación 7)

Cálculo de la actividad en unidades por ml.

Unidad / mL = (Δ abs x volumen final reacción (mL)) / (CEM x tiempo (min) x volumen extracto (mL))

(Ecuación 8)

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

Unidad / mg de proteína = (Unidad / mL) / (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. Δ abs 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 (mL x mg⁻¹ x cm⁻¹).

3.7 Tratamientos de 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 aplicadas previo al análisis de varianza (ANOVA). Cuando se observaron valores significativos para F, se utilizará 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 serán transformados en Logn antes de los estadísticos.

Tabla 7. Descripción de los Tratamientos experimentales.

Tratamientos	Inclusión de β-glucano en Dieta
T1	0% de β -glucano (Testigo)
T2	1% de β -glucano
T3	2% de β -glucano
T4	3% de β -glucano
T5	4% de β -glucano
T6	5% de β -glucano

3.8 Recursos humanos y materiales.

3.8.1 Recursos humanos.

- Director del proyecto de investigación Dr. Yuniel Méndez Martínez
- Estudiante y autora del proyecto de investigación Johana Amailis Costavalo Muñoz.

3.8.2 Materiales e insumos.

- Alevines de tilapia roja.
- β -glucano.
- Premezcla mineral.
- Premezcla vitamínica.

Equipos de oficina.

- Esferográfico
- Cámara
- Laptop
- Hojas A4
- Impresora
- Lápiz

3.8.3 Materiales y Equipos.

- Tamiz malla de 250 μm .
- Bisturì
- Tamiz
- Guantes
- Mortero
- Bolsas plàsticas.
- Balanza analítica.
- Probeta
- Agua destilada
- Gavetas plàsticas
- Calorimetro
- Tanque de oxígeno
- Fenolftaleina
- Determinador de grasa
- Medidor de oxígeno
- Piceta
- Algodón
- Destilador
- Diegestor
- Desecador
- Kitasato
- Papel ceda, filtro
- Termómetro
- Hielera
- Papel de aluminio
- Matraz
- Mufla
- Crisoles
- Balanza electronica
- Piza
- Tubo digestores
- Gradillas
- Estufa
- Kit de extraccion de muestra
- Cucharilla
- kit colorimétrico
- Bomba de vacio
- Maguera
- Extractor de Fibra
- Pipeta
- Lana de Vidrio
- Embudo

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición química del tejido muscular en juveniles de tilapia roja

4.1.1. Materia seca.

En los análisis de materia seca (Tabla 8), indica que los tratamientos T1, T2, T3, T5, T6 no presentaron diferencia significativa entre sí ($P>0.05$). No obstante el T1, no se adicionó β -glucano, obteniendo el mayor valor de 25.35%, en cuanto el T2 obtuvo el menor valor de materia seca con el 23.5%. Estos resultados son corroborados por Vera *et al.* (2020), En su investigación del efecto de la composición química alimentados con quitosano no mostraron diferencias estadísticas en los tratamiento obteniendo, el mayor valor en materia seca se dio en el T4 con la inclusión de 3% de quitosano en la dieta) con valor de 21,26%.

Otros resultados de Soltan *et al.* (2016), se llevó a cabo una prueba de alimentación por 12 semanas para evaluar el efecto de los niveles dietéticos graduados de un probiótico comercial Biogen, la cuales obtuvo un valor de 7,44% usado a base prebióticos, además se pudo concluir que el nivel óptimo de Biogen fue de 2 g / kg para el rendimiento ideal en el crecimiento de los alevines de tilapia del Nilo en esta condición experimental. Estos datos expresados guardan relación con la investigación del valor nutricional de 3 piensos comerciales cubanos para alevines de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*), con valor en Materia seca de 18,96% con inclusión de (10 %, 15 % y 24 %) de harina de pescado.

4.1.2. Ceniza

Para las variables de ceniza no hubo diferencia estadística en ninguno de los tratamientos ($P>0.05$). El tratamiento T1 con (0% de β -glucano) obtuvo un valor de 2.44% en ceniza, dejando así con menor promedio de química ceniza al T5 con un valor de 1.14 %. Según la investigación realizada por Espirito *et al.* (2014), (Espirito, 2014) evaluo el efecto dietético con *Rubrivivax gelatinosus* para mejorar la característica y calidad de filete con concentraciones de 175, 350, 700 y 1400 mg / kg, durante 74 días, obteniendo en la composición química el mayor contenido de ceniza en el T6 con 1.44% con una suplantación en biomasa de 1400 mg / kg.

Rueda y lazo *et al.* (2013), Investigaron el efecto de los niveles de proteína y energía de la dieta sobre el crecimiento, supervivencia y composición corporal de los juveniles de *Totoaba macdonaldi*, fueron alimentados con 6 dietas experimentales a tres niveles de proteína y dos niveles de lípido su composición aproximada en peso seco del músculo, obtuvo un valor promedio entre 7.6% mostrando diferencia estadística entre tratamientos. Alvarez *et al.* (2013), mencionan que el alto contenido de ceniza en las dietas provoca una baja digestión al momento de ser ingerida por el pez.

4.1.3. Proteínas.

Los resultados manifestados en la composición química de la proteína del músculo reflejados en la (Tabla 8), según el análisis ANOVA para los tratamientos T3, T4, T5, T6 mostraron diferencias estadísticas entre sí ($P < 0.05$). En cuanto el tratamiento T6 con suplementación de 5 % de β -glucano, obtuvo el mayor valor con 74.94 %, en cuanto los tratamientos T1 y T2 manifestaron valores inferiores en la variable proteína con 58.68 y 62.36 %, suplantados al 0 y 1% de β -glucano.

Enciso *et al.* (2016), evaluó el efecto del β -glucano en la inmunidad no específica en la *Totoaba M.* cabe señalar que no presentó diferencia estadísticas en la composición química del músculo de los juveniles obteniendo un valor de 82.8% en proteínas siendo superior en todos.

En los análisis de estudio de Palacios *et al.* (2013), realizó evaluaciones comparativas de prebióticos y probióticos incluyendo en el alimento comercial sobre la supervivencia y el crecimiento en especies nativas Sábalo amazónico y trucha arcoíris demuestra que existen diferencias significativas por la adición de 2 g/Kg de prebiótico con una concentración de 32% de proteína, presentado el mejor resultado en un incremento de 88,52 g/mes.

Así mismo Dietz *et al.* (2018), reporta alto concentrado de proteína de soja por una harina de insectos parcialmente desgrasada de larvas de mosca soldado negra, los alimentos aportan los aminoácidos esenciales recomendados para el crecimiento y la utilización en la tilapia Nilo dando un control de 8% de harina de pescado, 37% de concentrado de proteína de soja con valor obtenido de 74.09% en proteína, siendo una opción prometedora para la formulación de alimentos acuícolas sea más flexible y sostenible.

4.1.4 Lípidos.

Para la variable química grasa (Tabla 8), si presentaron diferencia estadística ($P < .0.05$). En los tratamientos T3, T4, T5, T6, obteniendo el mayor porcentaje de grasa en el tratamiento T5 con un valor de 5.73% a 4% de inclusión de β -glucano, por otra parte los T1 y T2 presentaron promedios inferiores con 1.14% de grasa para el T1 y 1.47% en promedio para el T2. Para Souza *et al.* (2017), investigó valores próxima y el contenido de grasas de las muestras de carne de tilapia del Nilo suplementadas al (5%, 10% y 15%), con 7 tratamientos de aceite de pescado con un periodo de 60 días, obteniendo valores con promedio 1.83% en T1 y 2.88 T2.

Zhao *et al.* (2019), estudio el efectos de la suplementación con glutamato en la dieta sobre calidad de la carne en metabolismo lipídico en la carpa, obteniendo el mayor promedio de grasa con 4.21%, suplementadas al (8 %), $g\ kg^{-1}$ en dieta durante 9 semanas. Tamarit y Nodarse *et al.* (2013), (Tamarit, 2013) obtuvieron valores de 3.1% para grasa en la característica física química de la tilapia roja, analizado 120 ejemplares, se encontró diferencia significativa en parvo criollo. Acuña *et al.* (2013), nos indica que la cantidad de grasa del pescado difiere al resto de carne, es decir que su nivel de colesterol es proporcionalmente inferior que la de aves, vacuna, suina.

4.1.4. Hidratos de carbono.

Para la variable hidratos de carbono (Tabla 8), existió diferencias estadísticas en los tratamiento T1 con valor promedio 38.97 siendo el valor más alto, así mismo para el T2 34.88% de carbohidratos, tanto los tratamiento T3, T4, T5, T6 obtuvieron promedios semejantes, por ende los resultado el T6 reflejaron un valor 18.74 % siendo este inferior que los demás tratamiento.

Mass *et al.* (2020), en su estudio expresa que los niveles de carbohidratos meta analítico en tilapia obtuvo un promedio de carbohidratos digestibles de 22,20%, un valor semejante al obtenido en esta investigación, cabe resaltar que en la investigación los niveles de alimentación fueron aproximadamente 1,5 y 3 veces manteniendo la saciedad del pez, ya que los carbohidratos de la dieta podrían aumentar el efecto de ahorro de proteínas en muchos peces.

Tabla 8. Composición química del músculo de juveniles de tilapia roja en base seca (media \pm DE) con la inclusión de β -glucano en dietas.

<i>Variables (%)</i>	Tratamientos						<i>C.V. %</i>	<i>F</i>	<i>P<0,05</i>
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			
<i>Materia Seca</i>	25.35 \pm 0.98a	23.5 \pm 3.88a	24.4 \pm 3.44a	25.17 \pm 0.52a	23.66 \pm 1.42a	25.25 \pm 0.38a	9.15	0.41	0.8361
<i>Proteína</i>	58.66 \pm 26.09b	62.36 \pm 23.45b	70.78 \pm 2.79a	73.34 \pm 1.08a	70.41 \pm 4.20a	74.94 \pm 1.18a	21.17	3.6	0.0034
<i>Lípidos</i>	1.14 \pm 0.29b	1.47 \pm 0.26b	4.83 \pm 0.72a	2.47 \pm 0.34b	5.73 \pm 2.59a	4.94 \pm 1.13a	35.19	8.04	0.0016
<i>Hidratos de Carbono</i>	38.97 \pm 26.5a	34.88 \pm 23.69a	23 \pm 3.35a	22.68 \pm 0.98a	22.71 \pm 6.64a	18.78 \pm 1.34a	55.3	0.89	0.5187
<i>Ceniza</i>	2.44 \pm 0.31	1.29 \pm 0.07	1.38 \pm 0.07	1.50 \pm 0.13	1.14 \pm 0.24	1.34 \pm 0.03	10.24	2.61	0.0804

4.2. Elaborado: Actividad enzimática digestiva en juveniles de tilapia roja.

4.2.1. Proteasa

Según en el análisis de varianza si se encontraron diferencias significativas para la variable proteasa, en donde los T1, T2, T3, presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en cuanto a los demás tratamientos con promedios de 53.08 y 56.49 U/mg (figura 4)

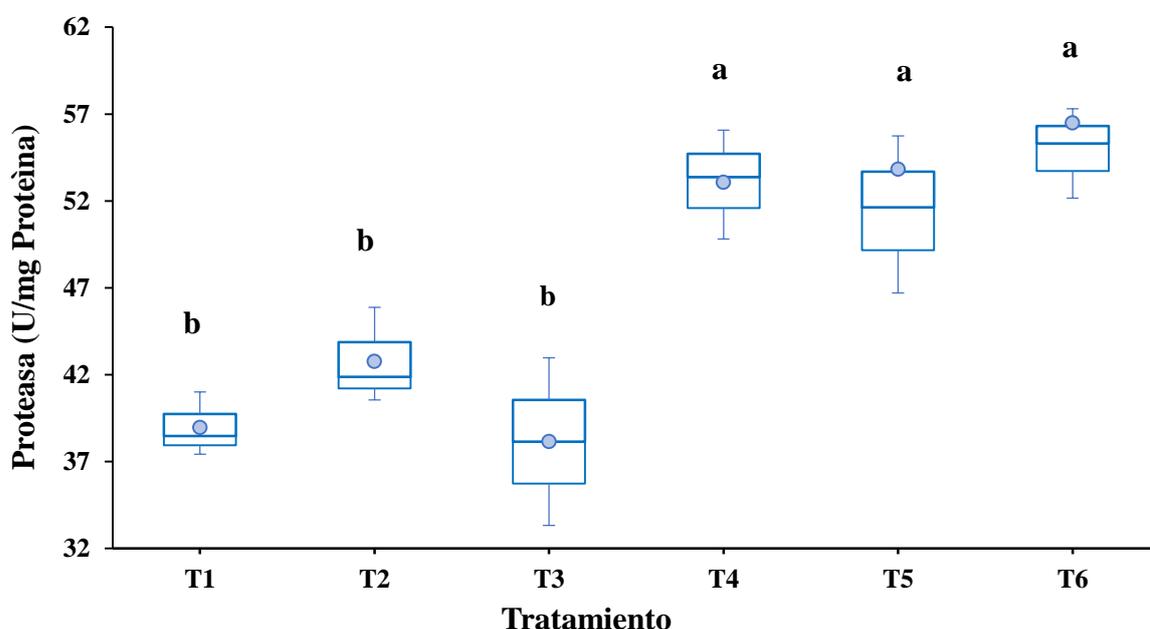


Figura 4. Cuantificación de la actividad enzimática proteasas (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con β -glucano, $F = 16.84$

Guzmán *et al.* (2014), en su trabajo investigativo, se adiciono β -glucano + Pdp al 0.1 y 0.2%, alimentados durante 6 semanas para evaluar su efecto administrado en dietas sobre el sistema inmune y la actividad enzimática digestiva en juveniles de *Lutjanus* y *S. aurata*, se encontró como resultado eficiente un incremento significativamente en la proteasa en peces desde la semana cuatro y seis, teniendo mayor actividad en los juveniles de *S. aurata* por efecto de kg en dietas, incrementó la actividad bacteriana además de mejorar la flora intestinal.

No obstante Mahmoud-Dawood *et al.* (2020), en su investigación que evaluó el efecto sinérgicos de *Lactobacillus plantarum* y β -glucano y la expresión génica relacionada con la glucosa de la tilapia, mejoraron significativamente ($P < 0,05$) en peces alimentados con HK L-137 y β -glucano en comparación con el grupo de control dando como resultado un valor promedio de 20 (U/mg Proteína). Meena *et al.* (2013), destaca al β -glucano en suplementaciones adecuadas son eficaz para mejorar el crecimiento, supervivencia y la protección contra patógenos, además menciona que en la mayor parte de los estudios enfocados en peces, pocos exploran los procesos enzimáticos digestivos, incluyendo en la digestibilidad la absorción del β -glucano así como en el intestino del pez, además de los cambios que se producen en la morfología intestinal.

4.2.2. Lipasas.

Según ANOVA para las variables lipasas (Figura 5), no existió diferencia en el análisis estadístico ($P > 0,05$) entre los tratamientos T1, T3, T5 ya que obtuvieron promedios con valores de 37.22- 34.74 - 37.97 U/mg. Presentando diferencias estadísticas en ($P < 0.05$) para los tratamientos que presentaron valores con resultados en el T2 con 30.92 y T4 y T6 con 41.54 – 42.28 U7mg.

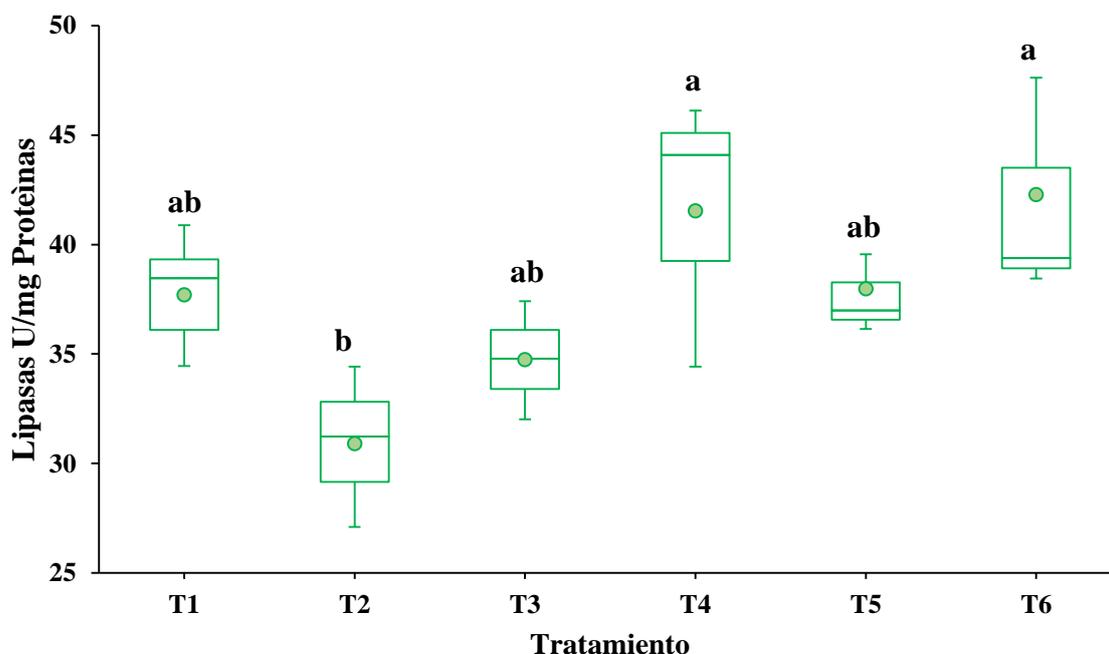


Figura 5 Cuantificación de la actividad enzimática lipasas (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con β -glucano, $F = 3.30$

Enciso *et al.* (2016), evaluó el efecto de inulina y quitosano sobre la capacidad digestiva y la inmunidad no específica en (*Totoaba macdonaldi*); nos indica que si obtuvieron diferencias significativa ($P < 0.05$), presentando mayor actividad en la enzima lipasa por (UA) 391.7 ± 163.2 y Lipasa ($\mu\text{g P}$) 0.84 ± 0.26 por U/mg. Realizado en un sistema de recirculación con condiciones controladas con duración de 60 días, siendo alimentados con el 0.1% de β -glucano, 0.5/ quitosano y 0.1% de inulina.

En contraste, Azari *et al.* (2012), se reportaron diferencias significativas del efectos del uso comercial de prebióticos y probióticos en rendimiento y crecimiento de la composición corporal y actividades de las enzimas digestivas en Trucha arcoiris juvenil (*Oncorhynchus mykiss*), dando como resultado incremento en la enzima lipasa en los organismos alimentados con dietas GoBiotic-A, al 2% y Aqualase al 1 y 2% con una duración de 12 semanas.

Mientras Amar *et al.* (2013), manifiesta que el efecto de los fructooligosacáridos de cadena corta (scFOS) sobre el estado microbiota intestinal de la dorada (*Sparus aurata*) criada a dos temperaturas, la composición de la microbiota intestinal y las actividades de las enzimas digestivas, además los parámetros de inmunidad se vieron afectados por la temperatura, mientras que la incorporación de niveles de scFOS en la dieta tuvo efectos menores en la enzima lipasa.

Guzmán *et al.* (2014), menciona que en otros estudios relacionados otros animales reportan que la inclusión de β -glucano, en el alimento incrementa la actividad enzimática digestiva en amilasas además de proteasa.

4.2.3. Amilasas

Según el análisis de varianza (Figura 6), no existió diferencia significativa ($P > 0,05$) entre los tratamientos. El mayor promedio se registró en el T5 un valor de 79.82 U/mg, al (4% de suplementación de β -glucano en dieta), seguido del tratamiento T6 con valor de 77.68%, presentando diferencia significativa ($P < 0,05$), para el T1 (testigo) obtuvo menor promedio de actividad con 63.74% U/mg, en cuanto para el T3 también manifestó actividad digestiva con un promedio mayor que el tratamiento T1 con un valor de 69.18 U/mg de proteína, al (2% de suplementación de β -glucano en dieta).

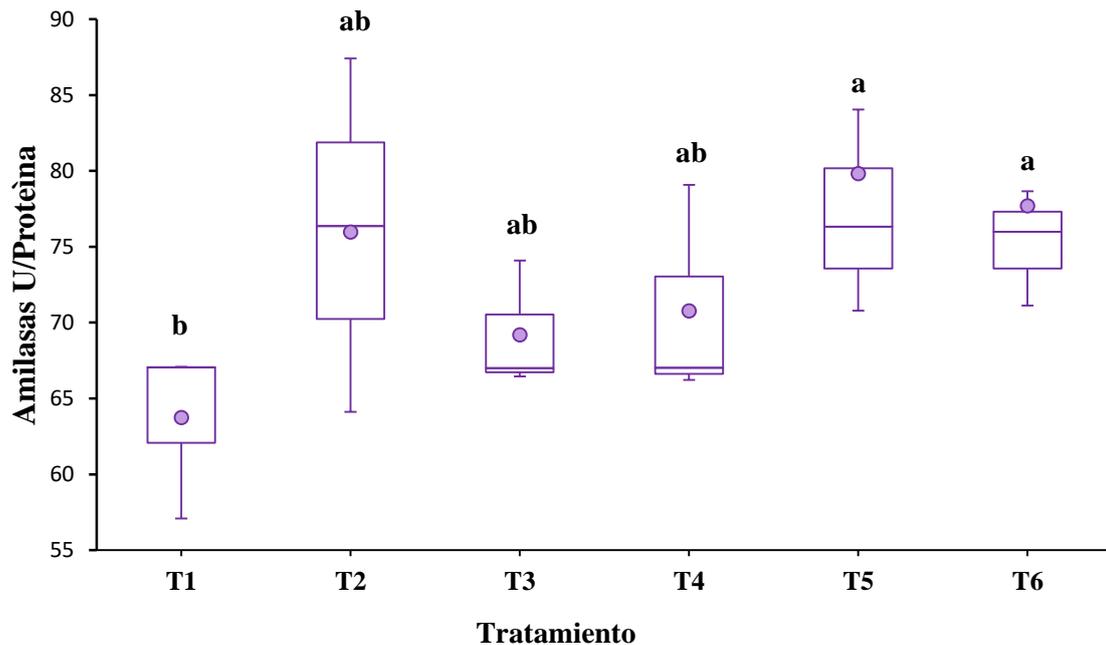


Figura 6. Cuantificación de la actividad enzimática lipasas (U/ mg de proteína) en juveniles de tilapia roja, alimentados con β -glucano, $F = 2.20$

Estos valores se diferencian por los presentados por Hongzhong et al. (2019), realizó una prueba de alimentación durante 70 días para investigar los efectos de la suplementación dietética con prebióticos β - glucano y *Bacillus subtilis* sobre las actividades de las enzimas del intestino de la carpa pengze crucian (*Carassius auratus var. Pengze*), mostraron valores en la amilasa de 45.06 alimentados con β -G y 31.62 alimentados con B-S, tomando en consideración que mejoró significativamente la altura del pliegue de las micro vellosidades en los intestinos además de mejorar la morfología intestinal. Así mismo Mahmoud et al. (2020), en su trabajo, en mejorar los efectos sinérgicos de *Lactobacillus plantarum* y β -glucano sobre la actividad enzimática, menciona que la amilasa no mostró diferencias significativas, registrado con valor de 27,5 (U/mg), en β G, en cuanto LP+ β G con un valor de 44,5(U/mg).

Alvarez et al. (2013), su investigación, consiste en estudiar los aspectos relacionados con la actividad enzimática digestiva durante la ontogenia de la cabrilla arenera, se observó que la actividad específica por (U/mg de proteínas), aumentan a partir del 2 día de la eclosión, aumentando a los 18 días de actividad enzimática, cabe descartar que la amilasa se ha convertido suma importancia en esta actividad ya que puede servir como un indicador del

estado nutricional de larvas y juveniles, pudiendo ser relevante ya que establece contar con maquinaria enzimática que permita digerir eficientemente el alimento. Por otra parte Hidalgo et al., nos menciona en su estudio comparativo de enzimas digestivas en peces con diferentes hábitos nutricionales proteolítico y las actividades en amilasa mostrando como resultado en la trucha y la carpa el mayor nivel digestivo y actividad proteolítica.

4.3. Relación entre actividad enzimática digestiva y composición química en el músculo de juveniles de tilapia roja.

En la presente investigación en la actividad proteolítica existió homogeneidad en los tratamientos mostrando mayor contenido de actividad enzimática en los tratamiento T4 y T6 conforme va en aumento el nivel de β -glucano, en cuanto la actividad lipolítica y aminolítica muestran las figuras que va aumentando la inclusión de β -glucano en dieta, eleva la actividad enzimática digestiva y el contenido de impolíticas y carbohidratos.

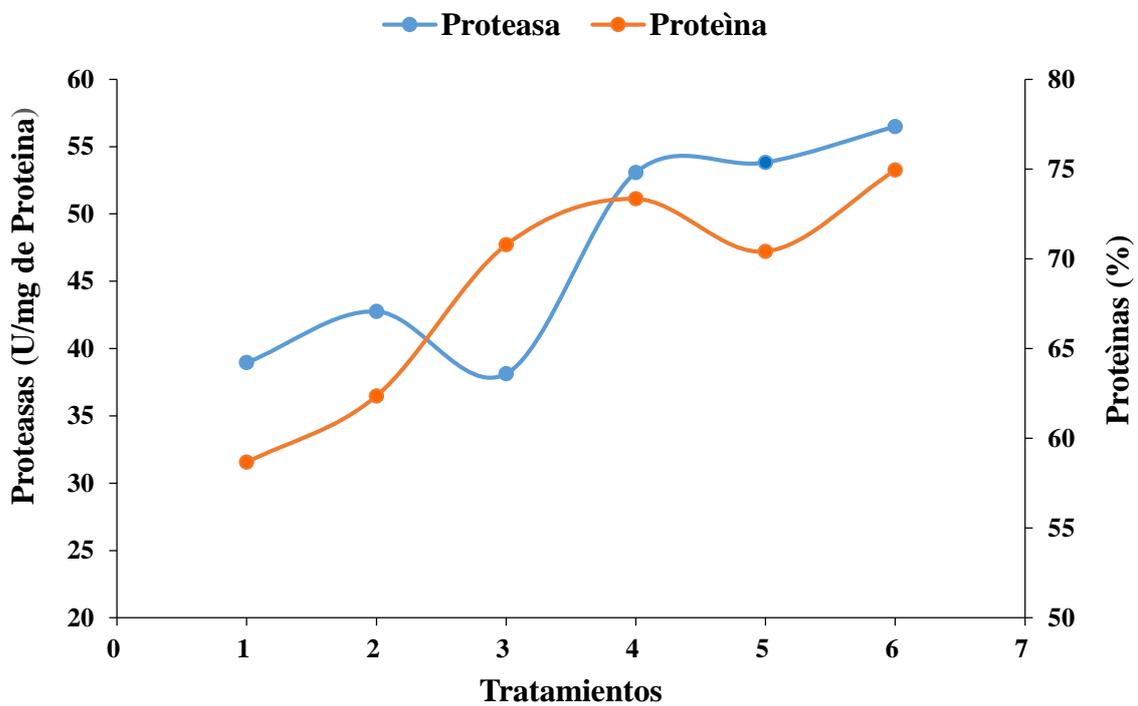


Figura 7. Relación entre la actividad enzimática proteolítica en juveniles de tilapia roja, y su promedio de proteína en tejido muscular, alimentados con β -glucano en dieta.

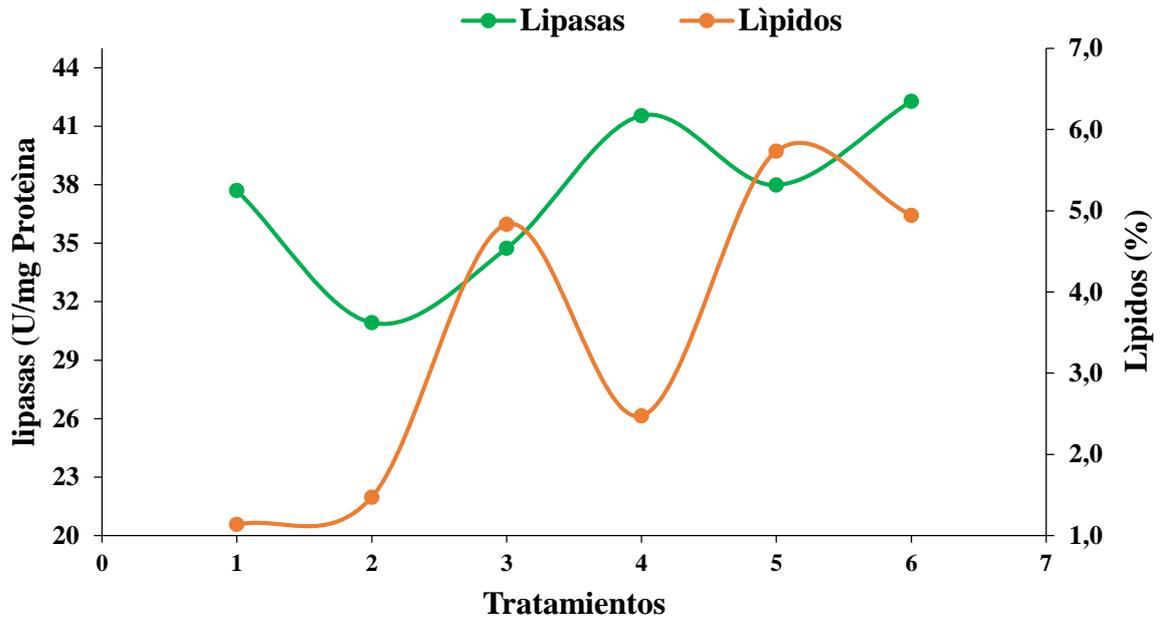


Figura 8. Relación entre la actividad enzimática lipolítica en juveniles de tilapia roja, y su promedio de lípidos en tejido muscular, alimentados con β -glucano en dieta.

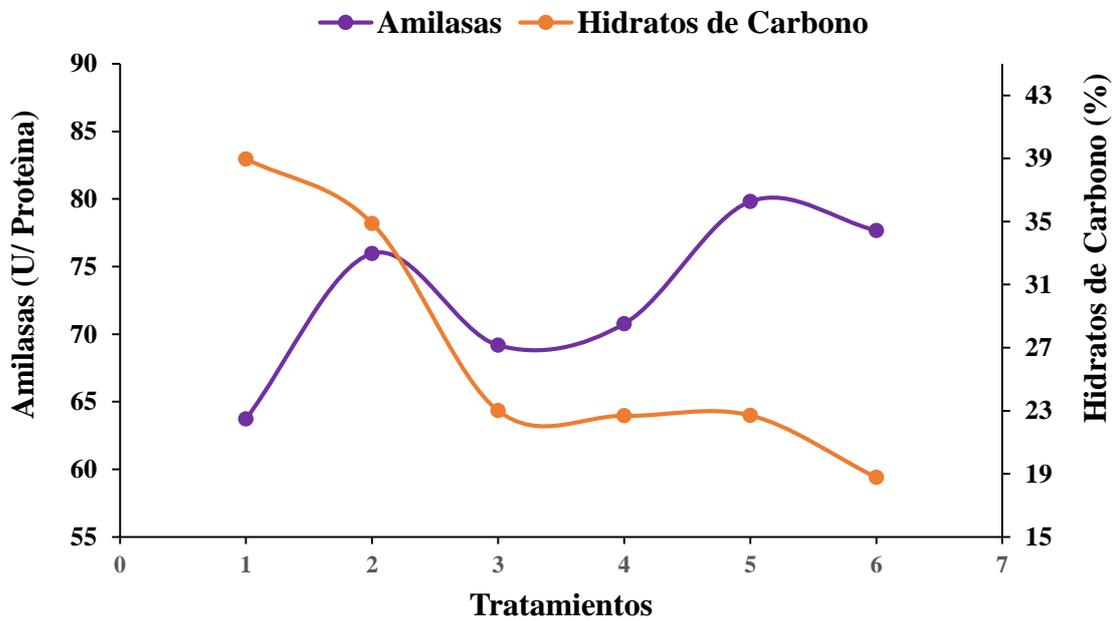


Figura 9. Relación entre la actividad enzimática aminolítica en juveniles de tilapia roja, y su promedio de Hidratos de carbono en tejido muscular, alimentados con β -glucano en dieta.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La composición química del músculo de los juveniles de tilapia roja presentaron valores por tratamiento casi homogéneos, con respecto materia seca el tratamiento T1 obtuvo un porcentaje de 25.35% con (0% de β -glucano), con respecto a proteína el tratamiento T6 con Inclusion de (5% de β -glucano) presentó un valor de 74.94% a diferencia de los otros tratamientos, para lípidos el mayor porcentaje obtenido fue para el T5 con (4% de β -glucano), en cuanto para la variable Carbohidratos en el T1 se obtuvo un valor elevado de 38.97%, así mismo se obtuvo en el T1 el mayor porcentaje de ceniza con valor de 2.44% con el 0% de β -glucano.
- Se encontraron diferencias estadísticas significativas en la actividad enzimática digestiva para la variable proteasa, mostró mayor actividad en los Tratamiento T5 con 53.82% y T6 con 56.49% con inclusión de (4 y 5% de β -glucano). En la enzima lipasa también se mostró diferencia significativa en los tratamientos dando como resultado el mayor promedio en el T6 con 42.28%. Para amilasa los datos fueron casi homogéneos dando como resultado la mayor actividad en el T5 con 79.82% U/mg de proteína.
- Si fija una relación en actividad lipolítica y aminolítica conforme va aumentando la inclusión de β -glucano en dieta se eleva la actividad enzimática digestiva y el contenido de lípidos y carbohidratos en cuanto a la actividad proteolítica el mayor contenido de actividad enzimática fueron T4 y T6 conforme va en aumento el nivel de β -glucano.

5.2. Recomendaciones.

- Replicar nuevos ensayos de composición química en el aumento de niveles de inclusión del β -glucano, tanto en juveniles y peces adultos, para promover la calidad del filete.
- Profundizar estudios sobre las enzimas que actúan desde que el pez empieza a ingerir alimento hasta su proceso enzimático.
- Evaluar los efectos de los prebióticos en el incremento de la actividad bacteriana así mismo en la digestión.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

- Abdel Tawwab M, A. R.-R. (2019). Immunostimulatory effect of dietary chitosan nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Fish and Shellfish Immunology*.
- Acuña, M. (2013). Fish farming, composition, comparison with meats of habitual consumption. Advantages of fish consumption. *Informativo*, B. Aires. Recuperado el 2021, de <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/9226/1/PECES%20DE%20CULTIVO.pdf>
- Akhter, N. W. (Abril de 2015). Probiotics and prebiotics associated with aquaculture. *Redalyc*, 45(56-75), 733-741. doi:0121-3709
- Ali H, M. E. (2017). Quality of canned tilapia fish luncheon as influenced by different concentrations of beef fat and storage time. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(3).
- Armijos-Suárez, m. M.-C.-Q.-V.-B. (2015). Análisis del impacto económico de la aplicación del Decreto N° 1391 en la regularización de la Industria Acuícola Camaronera del Ecuador. *Ciencia UNEMI*, 8(16), 11-20. Recuperado el 3 de Enero de 2021, de <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/3101/1/AN%20LISIS%20DEL%20IMPACTO%20ECON%20MICO%20DE%20LA%20APLICACION%20DEL%20DECRETO%20N%201391%20EN%20LA%20REGULARIZACION%20DE%20LA%20INDUSTRIA%20ACUICOLA%20CAMARONERA%20DEL>
- Arnar-Halldorsson, y. G.-H. (2004). Fatty Acid Selectivity of Microbial Lipase and Lipolytic Enzymes from Salmonid Fish Intestines Toward Astaxanthin Diesters. *Copyright*, 81(4), 247-353. Obtenido de <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1007/s11746-004-0905-8>
- Arteaga, L. D. (2018). Estudio de la Tilapia Roja (*Oreochromis sp*) y su aplicación en la gastronomía. Titulación de Licenciatura, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil. Recuperado el Enero de 2021, de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/35664/1/TESIS%20Gs.%20268%20-%20Tilapia%20roja%20y%20su%20aplicac%20en%20la%20gastronom.pdf>
- Asociación Sinaloense de Productores de Tilapia A.C. (2013). Cultivo de tilapia (*Oreochromis spp.*) a alta densidad en módulos flotantes con énfasis en buenas prácticas de producción acuícola para la inocuidad alimentaria y para la generación de un producto de calidad suprema. Taller, Sinaloa. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CURSO_TALLER_CULTIVO_DE_TILAPIA_A_ALTA_D.pdf
- Assan, D. K. (2021). Effects of probiotics on digestive enzymes of fish (finfish and shellfish); status and prospects: a mini review. (A. R. Amanda, Ed.) *Biotecnología molecular*, 257. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2021.110653>
- Azari, A. H.-R.-B. (2011). The Effects of Commercial Probiotic and Prebiotic Usage on Growth Performance, Body Composition and Digestive Enzyme Activities in Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Special Issue of Food and Environment*, 26(35), 26.33. Obtenido de [https://www.idosi.org/wasj/wasj14\(Food&Environment\)11/5.pdf](https://www.idosi.org/wasj/wasj14(Food&Environment)11/5.pdf)

- Babault, N. D. (2014). Effects of soluble milk protein or casein supplementation on muscle fatigue following resistance training program: a randomized, double-blind, and placebo-controlled study. *Journal of International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 2-9. doi:1699-5198
- Baldissera M, S. C. (2019). Vegetable choline improves growth performance, energetic metabolism, and antioxidant capacity of fingerling Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*.
- Børgwald, D. y. (25 de Abril de 2008). β -glucans as conductors of immune symphonies. *Fish & Shellfish Immunology*, (25), 384 - 396. doi:<https://doi.org/10.1007/s10695-012-9710-5>
- C., U. (2009). Mecanismos Inmunológicos en Peces: Inmunidad Inespecífica y Adaptativa e Inmunoprolifaxis. *Revisión Bibliográfica, Universidad Austral de Chile, Farmacología y Veterinaria, Valdivia*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fvu.76m/doc/fvu.76m.pdf>
- Calderón, J. (2016). Evaluación de temperatura y el pH del agua de los estanques para mejorar el crecimiento de alevines de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en la hacienda el Gran Manatí parroquia Pacto al noroccidente de Quito. *Universidad Técnica del Norte*. Udl. Recuperado el Enero de 2021, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1484/1/CD-2230.pdf>
- Caruffo, M. L. (2013). Uso de β -glucanos como inmune estimulantes en la acuicultura. Proyecto FONDECYT N°11110414, Laboratorio de Biotecnología, INTA, Universidad de Chile, Chile. Recuperado el 23 de Diciembre de 2020, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Betaglucanos.pdf
- Castillo, L. y. (2011). Comparación del crecimiento de “*Oreochromis niloticus*” en aguas de diferentes concentraciones de salinidad 15S0/00 y 33S0 /00. Tesis , Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Departamento de Biología, Nicaragua. Recuperado el Enero de 2021, de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3145/1/227030.pdf>
- Castillo, Y. y. (2018). Fluctuación de los niveles de glucosa en sangre, hígado y músculo de tilapia *Oreochromis niloticus*, tras la ingesta de alimentos. Tesis Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Departamento de Acuicola, Nicaragua. Recuperado el Enero de 2021, de C:/Users/Usuario/Downloads/Castillo%20Dominguez.pdf
- Castillo-Campo, F. C. (2011). Una Evolución de 22 A, de la incertidumbre al éxito. *Arizona*. Obtenido de <https://www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/Castillo.pdf>
- Cruz, N. C. (Octubre de 2012). Characterization of the Nutritional Quality of the Meat in Some Species of Catfish: A Review. *Facultad Nacional de Agronomía*, 65(2), 2,4. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n2/v65n2a23.pdf>
- Díaz, J. C. (05 de 2018). Efecto de β -glucanos 1,3/1,6 sobre la viabilidad de larvas de *Oreochromis sp.* durante la etapa de reversión sexual. *Zoociencia*, 3(1), 18-24. Obtenido de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/zoociencia/article/view/521>
- Dietz C, L. F. (2018). Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*. 12(1).

- Duarte, A. I. (Noviembre de 2018). β -glucanos de *Pleurotus* y sus efectos en la salud. *Biorrefinería*, 1(4), 15-16. doi:2602-8530
- Enciso, S. (2016). Efecto de la suplementación en dieta de la inulina, el β glucano y el quitosano sobre la capacidad digestiva y la. Tesis de Grado, Centro de Investigación Científica y de Educación, Baja California. Recuperado el 2021, de <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/1349/1/245411.pdf>
- Espinoza, D. C. (Abril de 2017). B-glucanos, su producción y propiedades en microalgas con énfasis en el género *Nannochloropsis* (*Ochrophyta*, *Eustigmatales*). *Marina y Oceanografía*, 52(1), 33-49. doi:10.4067/S0718-19572017000100003
- Espirito, E. (2014). *Rubrivivax gelatinosus* na alimentação de tilápias para incrementar a qualidade dos filés. Universidade Estadual Paulista, Facultad de medicina veterinaria campus de Aracatua, Paulista. Obtenido de <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/128047/000850093.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO. (2013). El análisis de la situación y las tendencias y la presentación de informes sobre la acuicultura son actividades periódicas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. Recuperado el 06 de 01 de 2021, de Fao.Org: <https://www.fao.org/3/ba0132e/ba0132e.pdf>
- Fortin, F. (Julio de 2020). Proteína en los alimentos acuícolas: Un costo importante y cómo manejarlo. *International Aquafeed*, 32. Recuperado el Enero de 2021, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/IAF2007_ES_web.pdf
- Frederick, S. (2021). Chapter One - Introduction to aquaculture. *Aquaculture Toxicology*, 88(2), 5-16. doi:10.2527
- Gutiérrez, M. V. (Marzo de 2019). Revisión: necesidades nutricionales de peces de la familia Pimelodidae en Sudamérica (*Teleostei: Siluriformes*). *Biología Tropical*, 67(1), 11-12. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/13-GUTIERREZ-NecesidadesnutricionalesdepecesfamiliaPimelodidae.pdf>
- Guzmán, T. (2014). Efecto del β -Glucano 1,3/1,6 sobre la respuesta inmune, la actividad enzimática digestiva y la expresión de genes de *Lutjanus peru* y *Sparus aurata*. Tesis doctoral, Centro de investigaciones biológicas del noroeste, s.c., Baja California Sur. Recuperado el Octubre, de https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/89/1/guzman_1.pdf
- Guzmán-Villanueva, L. T.-R. (1 de julio de 2014). Dietary administration of b-1,3/1,6-glucan and probiotic strain *Shewanella putrefaciens*, single or combined, on gilthead seabream growth, immune responses and gene expression. (A. Press, Ed.) *Fish y shellfish immunology*, 39(1), 34-41. Obtenido de https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=jRuOY8UAAAAJ&citation_for_view=jRuOY8UAAAAJ:Y0pCki6q_DkC
- Henrik, H. (2000). El Pescado Fresco Su Calidad Y Cambios De Calidad Coleccion Fao Pesca No 29. Manual de capacitación, Universidad Técnica, Copenhague, Dinamarca, Programa de Capacitación FAO/DANIDA, Roma. Recuperado el Enero de 2021, de http://oa.upm.es/14340/2/Documentacion/2_Dimensionamiento/elpescadofrescos034843mbp.pdf

- Hidalgo, M. U. (15 de Enero de 2000). Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture*, 170(3-4), 267-283. doi:[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00413-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00413-X)
- Hongzhong, C. Y. (15 de Junio de 2019). Effects of dietary supplementation with β -glucan and *Bacillus subtilis* on growth, fillet quality, immune capacity, and antioxidant status of Pengze crucian carp (*Carassius auratus* var. Pengze). *Aquaculture*, 508, 106-112. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004484861930136X>
- Huaman, P. (2015). Efecto del tratamiento físico de materias primas orgánicas nativas sobre la digestibilidad de los macronutrientes en truchas arco iris juveniles. Tesis, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, VETERINARIA Y ZOOTECNIA, Puno. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2639/Huaman_Ccama_Pelajo_Gerardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- I.S., F. (Diciembre de 2018). Interacción entre la respuesta inmune innata y adaptativa en peces teleósteos: El papel de las células dendríticas y citoquinas reguladoras de células B. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Bioquímica, Madrid. doi:1578-4541
- Jantrakajorn, S. M. (2014). Comprehensive Investigation of Streptococcosis Outbreaks in Cultured Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, and Red Tilapia, *Oreochromis* sp., of Thailand. *WORLD AQUACULTURE SOCIETY*, 45(4), 392-402. Obtenido de <https://sci-hub.se/https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jwas.12131>
- Kühlwein, H. M. (2013). Effects of dietary b-(1,3)(1,6)-D-glucan supplementation on growth performance, intestinal morphology and haemato-immunological profile of mirror carp (*Cyprinus carpio* L.). *PubMed.gov*, 98(2), 279-289. doi:17895634
- Lazo, J. P. (2007). Characterization of digestive enzymes during larval development of red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Sciaenops ocellatus*, 265, 194-205. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.043>
- Li, H. S. (Julio de 2009). Efecto de 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. Asiático Australasia de Ciencias Animales*, 22(7), 48-53. Obtenido de <https://www.koreascience.kr/article/JAKO200910103426052.view>
- López1, L. D.-G. (Junio de 2006). Composición proximal y perfil de ácidos grasos de juveniles silvestres y cultivados de Totoaba macdonaldi. *Ciencias Marinas*, 32 ((2)). Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-38802006000400009&script=sci_arttext
- M., M. (2018). Conceptos básicos de Inferencia Estadística. Eco ediciones, Colombia.
- Maas, M. R. (17 de Enero de 2020). Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach. *Aquaculture*, 1851–1866 . doi:10.1111/raq.12413
- Machuca-Valverde. (2021). Efecto inmunoestimulante del β -glucan aislados de *Cystobasidium benthicum* en células del timo de *T. macdonaldi*. Centro de investigaciones biológicas del noroeste S.C. . La paz: A Wiley-Interscience Publication. Obtenido de

http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/3097/machuca_c%20TE SIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Macías, A. H. (2018). Introducción al estudio de la bioquímica (Primera ed.). España: ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L. Obtenido de <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2018/10/LIBRO-BIOQUIMICA.pdf>
- Mahmoud- Dawood, A. O.-D. (s.f.). Synergetic Effects of Lactobacillus plantarum and β -Glucan on Digestive Enzyme Activity, Intestinal Morphology, Growth, Fatty Acid, and Glucose-Related Gene Expression of Genetically Improved Farmed Tilapia. Antimicrobial Proteins.
- Mahmoud-Dawood, O. F.-M.-S.-E.-D. (Junio de 2020). Synergetic Effects of Lactobacillus plantarum and β -Glucan on Digestive Enzyme Activity, Intestinal Morphology, Growth, Fatty Acid, and Glucose-Related Gene Expression of Genetically Improved Farmed Tilapia. Probióticos y Antimicro, 2(4). doi:10.1007/s12602-019-09552-7
- Mass R, V. M. (2019). Carbohydrate utilisation by tilapia: a meta-analytical approach. *Aquaculture*.
- Meena, D. K. (18 de Agosto de 2012). β -glucans: an ideal immunostimulant in aquaculture. Springer Science, 27. doi: 10.1007/s10695-012-9710-5
- MeloL., L. G. (2012). Efecto de diferentes concentraciones de proteínas en el sistema digestivo. Vet. Zootecnista., 64(2), 450 - 457. Obtenido de https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352012000200027&script=sci_abstract&tlng=pt
- Méndez-Martínez, Y. P.-M.-I.-N.-V. (2021). Respuesta bioquímica e inmune en tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* \times *O. niloticus*) con suplementación de quitosano en dieta. Facultad de agronomía, 38(4). Obtenido de <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/36807>
- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (2020). "Mejorar la Competitividad del Sector Acuicola y Pesquero". Proyecto de Inversion, Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca., Ecuador. Obtenido de <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/11/Proyecto-Mejora-Competitiva-del-Sector-Acu% C3% ADcola-y-Pesquero-2.pdf>
- Murphy, A. D. (6 de Agosto de 2007). Immune modulating effects of b-glucan. Medicina (Kaunas), 43(8), 597-605. doi:10.1097
- N., R. V. (2017). Análisis proximal de pescados continentales de mayor consumo humano en Ecuador. Titulo de Licenciatura, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Departamento de Química, Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14675/TESIS%20AN%c3%81LISIS%20PROXIMAL%20DE%20PESCADOS%20CONTINENTALES%20DE%20MAYOR%20CONSUMO%20HUMANO%20EN%20ECUADOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Nakashima, A. Y. (2018). β -Glucan in Foods and Its Physiological Functions. Journal of Nutritional Science and Vitaminology. NAKASHIMA, A., YAMADA, K., IWATA, O., SUGIMOTO, R., ATSUJI, K., OGAWA, T., ... SUZUKI, K. (2018). β -Glucan

- inNutritional Science and Vitaminology, 64(1), 8–17. Obtenido de https://www.jstage.jst.go.jp/article/jnsv/64/1/64_8/_article/-char/ja/
- Nieves-Rodríguez, k. Á.-G.-M.-V.-G.-C.-R.-V. (Julio de 2018). Effect of β -Glucans in Diets on Growth, Survival, Digestive Enzyme Activity, and Immune System and Intestinal Barrier Gene Expression for Tropical Gar (*Atractosteus tropicus*) Juveniles. (M. D. Institute, Ed.) *Fishes*, 3(3), 27. Recuperado el 2021, de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/fishes-03-00027.pdf>
- Palacios, J. S.-M. (2007). Estudiar el efecto comparativo sobre el crecimiento y la sobrevivencia de prebióticos y probióticos adicionados al alimento artificial de una especie nativa el sábalo (*Brycon melanopterus*) y una especie foránea, trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *Ingeniería en Producción Acuícola*, 2, 1998-230. Obtenido de <C:/Users/Usuario/Downloads/1665-Texto%20del%20artículo-6307-1-10-20140331.pdf>
- Pallares, P. y. (2013). Efectos 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 a julio moreno, en la zona de santo domingo. Proyecto de investigación, ESCUELA POLITÈCNICA DEL EJÈRCITO, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5598/1/T-%20ESPE-IASA%20II-002459.pdf>
- Palomino, A. (26 de 07 de 2019). Enzimas digestivas en peces. Veterinaria Digital. Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/enzimas-digestivas-en-peces/>
- Parada, G. (2010). Tendencias de la acuicultura mundial y las necesidades de innovación de la acuicultura chilena. Informe, Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Chile. Recuperado el 3 de Enero de 2020, de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/G_Parada_ACUI_final.pdf
- Penagos G, M., & Barato P, I. C. (19 de Julio de 2008). SISTEMA INMUNE Y VACUNACIÓN DE PECES. Scielo, 13(3), 3-26. Recuperado el 23 de Noviembre de 2020, de <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v14n1/v14n1a01.pdf>
- Pennisi, S. (2013). Alternativas tecnológicas permitan la elaboración de productos conformados ricos en ácidos grasos poli-insaturados, a partir de una especie marina grasa sub-explotada (*saraca, brevoortia aurea*). Tesis doctoral, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, Química, Buenos Aires. Obtenido de file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Documento_completo.pdf
- Pérez, R. R. (mayo de 2014). Inmunopotenciadores para la acuicultura. *Scielo.Org*, 23(1)(24-25). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-028X2014000100005
- Pizarro, S. R. (10 de Septiembre de 2014). β -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? Scielo, 41(3), 439-445. Recuperado el 3 de Enero de 2021, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchnut/v41n4/art14.pdf>
- Prieto M. Barbarroja S. Giróna H, S. M. (Enero de 2017). Respuesta inmune adaptativa y sus implicaciones fisiopatológicas. *I2(24)*, 1394. doi:10.1016/j.med.2016.12.008
- Rabassa-Blanco, J. y.-L. (2017). Efectos de los suplementos de proteína y aminoácidos de cadena ramificada en entrenamiento de fuerza. *Revista Española de Nutrición*

Humana y Dietética, 21(1), 55-73. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.21.1.220>

- Rivera, C. B. (28 de julio de 2009). Alimento vivo enriquecido con ácidos grasos para el desarrollo larvario de peces. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(4), 5-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023527004.pdf>
- Riveros, R., y Martínez, F., y Pardo, J. (2013). Química de los Carbohidratos. En C. A. Cárabez A, *Bioquímica De Laguna* (7 ed., pág. 208). España. Recuperado el 20 de 12 de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/286640492_Quimica_de_los_Carbohidratos
- Rodríguez, S. (2002). Engorda de "TILAPIA". Monografía, UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA, Departamento de Producción Animal, México. Recuperado el Enero de 2021, <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5795/T13163%20RODR%20C3%20GUEZ%20ALEMAN%20C%20SERJIO%20%20%20MONOG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rueda Escobar, D. (2018). Evaluación de la respuesta inmune en camarón blanco del pacífico "*Penaeus vannamei*" a base de dietas con niveles altos de vitaminas, nucleótidos y β -glucanos. Trabajo de Grado, Universidad Central del Ecuador, Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14488/1/T-UCE-0014-056-2018.pdf>
- Rueda-López, S. L.-R. (Octubre de 2011). Effect of dietary protein and energy levels on growth, survival and body composition. *Aquaculture*, 319(3-4), 385-390. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.07.007>
- S.E., O. (2000). FISH IMMUNE SYSTEM. *GUYANA*, 64(2), 205-2015. doi:0717-6538
- Saavedra, M. (2003). Introducción del Cultivo de Tilapia. Universidad Centroamericana, Centro de Investigación de Ecosistema Acuáticos. Recuperado el Enero de 2021, de http://repositorio.uca.edu.ni/2273/1/2003_introducci%C3%B3n_al_cultivo_de_tilapia.pdf
- Sanabria-Boudri, F. (2019). Importancia del pescado en la nutrición humana: Aporte de macro y micronutrientes, formas de consumo. Monografía, UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN Enrique Guzmán y Valle, Perú. Recuperado el Enero de 2021, de <https://repositorio.une.edu.pe/bitstream/handle/UNE/3535/importancia%20del%20pescado%20en%20la%20nutrici%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sierra Sur I.E.S. . (2015). Introducción a la Bioquímica: Bioelementos y Biomoléculas. España.
- Soltan, M. F.-E. (October de 2016). Growth and feed utilization of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fed diets containing probiotic. *Global Veterinaria.*, 17(5), 442-450. doi:10.5829/idosi.gv.2016.442.450
- Souza, F. (2017). Caracterização da carne da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) submetida à dietas suplementadas com óleo de peixe. Doctorado, Universidad Federal del Goiás, Brasil. Obtenido de <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/7825/5/Tese%20-%20Francine%20Oliveira%20Souza%20Duarte%20-%20202017.pdf>

- Souza, F. P.-M.-B. (2020). Effect of β -glucan in water on growth performance, blood status and intestinal microbiota in tilapia under hypoxia. *Aquaculture Reports*. Obtenido de <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100369>
- Tamarit, Y. N.-D. (2013). Caracterización físico-química y sensorial de la tilapia roja *Oreochromis* spp. *Aquadocs*, 30(1). Obtenido de <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/9798/Caracterizaci%c3%b3n%20f%c3%adsico-qu%c3%admica%20y%20sensorial.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Triviño, J. (2017). Características morfo métricas, merísticas, físicas y químicas del pescado ratón silvestre (*leporinus ecuadorensis*) en la zona de babahoyo-2017. Tesis , U.T.E.Q., Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2464/1/T-UTEQ-0022.pdf>
- V., C.-C. (2019). Evaluación de la dieta con harina de larva de cutzo (*Phyllophaga* spp.) en la alimentación de cría y juvenil de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en la parroquia la carolina, Ibarra. Universidad Tecnica del Norte, Ibarra. Obtenido de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Valbuena V, C. P. (2006). Recuperado el 20 de 12 de 2020, de redalyc.org: <https://www.redalyc.org/pdf/896/89610107.pdf>
- Valbuena Villarreal, R. y.-C. (03 de 2006). Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja. *ORINOQUIA*, 10(1), 57-63. doi:0121-3709
- Vásquez, M. R. (05 de Marzo de 2012). Inmunoestimulantes en teleosteos: Probióticos, β -glucanos y LPS. *ORINOQUIA*, 16(1), 48-49. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet/InmunoestimulantesEnTeleosteosProbioticosBglucanos-4028551.pdf>
- Vàsquez, W. (2004). Principios de la nutrición aplicada del pez. En U. d. llanos (Ed.). Juan XXIII Ltda. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/-principios-de-nutricion-aplicada-al-cultivo-de-peces.html>
- Vàzquez M, G. P. (2005). Obtenido de senpe.com: https://senpe.com/documentacion/monografias/senpe_monografias_proteinas_pat_renal_cronica5.pdf
- Vela, E. (2013). Química de Alimentos de Pescado. Tesis , Universidad Nacional de La amazonia Perùana, Perù. Obtenido de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2563/Qu%20C3%ADmica%20de%20alimentos%20de%20pescado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vera, A. (2020). “Actividad enzimática digestiva y composición química de juveniles de tilapia roja (*oreochormis sp.*) Alimentados con quitosano en dieta”. Tesis, Universidad Tecnica estatal de Quevedo, Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5311/1/T-UTEQ-0093.PDF>
- Vijayan,K., Makesh, M., Otta, S., Patil, P., Poornima, M., Alavandi, S. (2017). Prophylaxis in Aquaculture. Chennai, India : ICAR. Obtenido de <https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/10377/1/Compendium%20on%20Prophylaxis%20in%20Aquaculture.pdf>

- Wang, W. S. (2016). Application of immunostimulants in aquaculture: current knowledge and future perspectives. *Aquaculture Research*, 1-26. doi:10.1111
- Y., M. (Enero). Efecto de Ologodeoxinucleotidos CpG Sobre la Modulaciòn de la Respuesta Inmune, Antioxidante y Morfològica Intestinal de Pargo Amarillo (*Lutjanus argentiventris*). Tesis, Centro de Investigaciones Biològicas del Noroeste, S.C., La Paz. Recuperado el 3 de Enero de 2021, de https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/416/1/murillo_y.pdf
- Zhao, Y. L.-Y.-D. (2019). Effects of dietary glutamate supplementation on flesh quality, antioxidant defense and gene expression related to lipid metabolism and myogenic regulation in Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, 502, 212-222. Obtenido de <https://sci-hub.se/10.1016/j.aquaculture.2018.12.050>

CAPÍTULO VII
ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza de Materia seca

F.V.	SC	GL	CM	F	p- VALOR
Tratamiento	10.23	5	2.05	0.41	0.8361
Error	60.58	12	5.05		
Total	70.81	17			

Anexo 2. Cuadro de Análisis de la Varianza Proteína

F.V.	SC	GL	CM	F	p- VALOR
Tratamiento	624.73	5	124.95	3.6	0.0034
Error	2517.30	12	209.78		
Total	3142.03	17			

Anexo 3. Cuadro de Análisis de la Varianza lípidos

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	58.7	5	11.74	8.04	0.0016
Error	17.53	12	1.46		
Total	76.22	17			

Anexo 4. Cuadro de Análisis de la Varianza Hidratos de carbono

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamiento	977.71	5	195.54	0.89	0.5187
Error	2643.03	12	220.25		
Total	3620.74	17			

Anexo 5. Cuadro de Análisis de la Varianza ceniza

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamiento	0.24	5	0.05	2.61	0.0804
Error	0.22	12	0.02		
Total	0.45	17			

Anexo 6. Cuadro de Análisis de la Varianza de Proteasa

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamiento	1003.37	5	200.67	16.84	<0.0001
Error	142.96	12	11.91		
Total	1146.34	17			

Anexo 7. Cuadro de Análisis de la Varianza de Lipasas

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamiento	271.42	5	54.28	3.30	0.0420
Error	197.61	12	16.47		
Total	469.04	17			

Anexo 8. Cuadro de Análisis de la Varianza de amilasas

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamiento	547.06	5	109.41	2.20	0.1218
Error	596.11	12	49.68		
Total	1143.17	17			

Anexo 9. Actividad enzimática digestiva Proteasa, lipasa, amilasa

<i>Variables (%)</i>	Tratamientos						<i>C.V. %</i>	<i>F</i>	<i>P<0,05</i>
	T1	T2	T3	T4	T5	T6			
<i>Proteasas</i>	38.96 ± 1.83b	42.76 ± 2.77b	38.14 ± 4.82b	53.08 ± 3.15a	53.82 ± 4.53a	56.49 ± 2.6a	7.31	16.84	0.0001
<i>Lipasas</i>	37.22 ± 3.22ab	30.92 ± 3.67b	34.74 ± 2.70ab	41.54 ± 6.25a	37.98 ± 1.78ab	42.28 ± 1.18a	10.81	3.3	0.0420
<i>Amilasas</i>	63.74 ± 5.76b	75.97 ± 11.65ab	69.18 ± 4.26ab	70.77 ± 7.21ab	79.82 ± 6.66a	77.68 ± 3.82a	9.67	2.2	0.1218

Anexo 10. Actividades realizadas durante toda la investigación

	
<p>Esquema de experimento por tratamiento</p>	<p>Limpieza y Sifonado de recipientes</p>
	
<p>Muestras disecadas tejido muscular</p>	<p>Destilación y extracción de cetona</p>
	
<p>Determinación de Fibra</p>	<p>Determinación de Grasa</p>