



**UNIVERSIDAD ESTALAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA**

“Evaluación de los parámetros zootécnicos de juvenil de *Oreochromis sp*, alimentada con dietas a base de hidrolizado de pescado con papaína de papaya”.

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Previo a la obtención del título de:

**BIÓLOGO**

**Autor:**

MICHAEL ENRIQUE CALDERÓN FLORES

**Tutora:**

Blga. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M.Sc.

LA LIBERTAD-ECUADOR

2024

**UNIVERSIDAD ESTALAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA**

“Evaluación de los parámetros zootécnicos de juvenil de *Oreochromis sp*, alimentada con dietas a base de hidrolizado de pescado con papaína de papaya”.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGO

**Autor:**

MICHAEL ENRIQUE CALDERÓN FLORES

**Tutora:**

Blga. DENNIS TOMALÁ SOLANO, M.Sc.

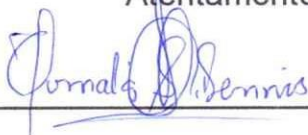
LA LIBERTAD-ECUADOR

2024

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE JUVENIL DE *Oreochromis sp*, ALIMENTADA CON DIETAS A BASE DE HIDROLIZADO DE PESCADO CON PAPAÍNA DE PAPAYA". elaborado por MICHAEL ENRIQUE CALDERON FLORES estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, reading "Dennis Tomalá Solano", is written over a horizontal line.

Blga. Dennis Tomalá Solano, Msc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0922584982

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular "EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE JUVENIL DE *Oreochromis sp*, ALIMENTADA CON DIETAS A BASE DE HIDROLIZADO DE PESCADO CON PAPAÍNA DE PAPAYA". Elaborado por estudiante MICHAEL ENRIQUE CALDERON FLORES de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



---

Blga. Jodie Darquea Arteaga, MSc.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0918674359

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto, en primer lugar, a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la paz necesarias para continuar en los momentos de dificultad y duda. Sin su guía, este camino no habría sido posible.

A mi querida madre, Elva Calderón Flores por su amor incondicional, su ejemplo de lucha constante y por enseñarme a nunca rendirme. Gracias por ser mi base y mi mayor fuente de inspiración.

A mi padre, Robert Antonio Orrala Suárez, por su apoyo, enseñanzas y por siempre creer en mis capacidades. Tus palabras me impulsaron a seguir adelante.

A mis hermanas y hermanos: María del Pezo, José Luis del Pezo, Karen Del Pezo y Juana Del Pezo, por estar siempre presentes, por su cariño y por ser parte fundamental en mi vida. Su compañía y palabras de aliento fueron fundamentales en este proceso.

A todos ustedes, gracias por caminar conmigo, por confiar en mí y por ser parte de este logro. Esta meta también es suya.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco sinceramente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por abrirme las puertas a la formación profesional y contribuir a mi crecimiento académico y personal. También extendo mi reconocimiento a las autoridades de la Facultad de Ciencias del Mar, por su labor en la formación de profesionales comprometidos con el desarrollo científico y sostenible del entorno marino y acuícola.

Mi especial gratitud a la Blga. Dennis Tomalá Solano, M. Sc., por su dedicación, orientación y sobre todo paciencia por su constante apoyo durante todo el proceso de desarrollo de este proyecto. Su compromiso como tutora fue clave para la culminación exitosa de este trabajo de integración curricular.

Finalmente, expreso mi agradecimiento al Blgo. Javier Soto Valenzuela, por facilitarme el acceso al laboratorio de biotecnología, el cual fue esencial para llevar a cabo los análisis requeridos en esta investigación. Su apoyo técnico y disposición fueron de gran importancia para el desarrollo del presente trabajo.

A mis grandes amigos: Byron García, Robles Tomalá, Elvis Villón, Kevin Rodríguez y Jorge López, gracias por su amistad sincera, por compartir risas, consejos y momentos que guardaré por siempre. Ustedes fueron un apoyo constante durante esta etapa universitaria.

# TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

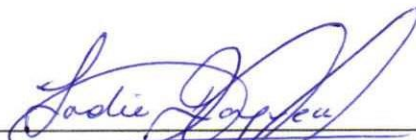
Trabajo de Integración Curricular presentado por **MICHAEL ENRIQUE CALDERON FLORES** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** él: 9 DE JULIO DEL 2025



Ing. Jimmy Villón Moreno, Msc.

**DIRECTOR DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Blga. Jodie Darquea Arteaga, MSc.

**PROFESOR DE ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blga. Dennis Tomalá Solano, MSc.

**DOCENTE TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marín, Mgs.

**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.

**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**



## **DECLARACIÓN EXPRESA**

Yo Michael Enrique Calderón Flores me responsabilizo por los datos y resultados expuestos en el trabajo de integración curricular

Por medio de la presente declaración cedo los derechos de autoría y propiedad intelectual de este trabajo de integración curricular a la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA (UPSE), según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, reglamento y normativa intelectual vigente.



**CALDERÓN FLORES MICHAEL ENRIQUE**

**C.I. 2450768904**



## RESUMEN

La tilapia roja (*Oreochromis sp.*) es una especie híbrida ampliamente cultivada en la acuicultura por su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades y buen valor comercial. En países como Ecuador, representa una fuente importante de proteína animal. Sin embargo, uno de los principales desafíos en su producción es el elevado costo del alimento balanceado, lo que impulsa la búsqueda de alternativas nutricionales más sostenibles y funcionales. En este estudio se evaluó el uso de un hidrolizado de pescado como suplemento alimenticio, elaborado a partir de subproductos pesqueros mediante la acción enzimática de papaína, una proteasa vegetal extraída del látex de la papaya (*Carica papaya*). Esta enzima permitió una hidrólisis efectiva, mejorando la digestibilidad y liberando aminoácidos de bajo peso molecular, con potencial para estimular el crecimiento y mejorar la eficiencia alimentaria en peces. Se diseñaron tres tratamientos: un grupo control alimentado con dieta comercial, y dos grupos experimentales con inclusión del hidrolizado al 4% (T1) y 6% (T2). El experimento se desarrolló durante 12 semanas, evaluando parámetros productivos como ganancia de peso, longitud final, eficiencia alimentaria, factor de conversión y supervivencia. Los resultados obtenidos evidencian que el tratamiento T2 (6% de hidrolizado) presentó el mejor desempeño zootécnico. Al finalizar el ensayo, T2 alcanzó un peso promedio de 213,12 g y una talla de 23,4 cm, superando al grupo control (198,42 g y 22,4 cm) y a T1 (205,79 g y 22,8 cm). En cuanto a supervivencia, T2 mantuvo una tasa del 80%, mientras que T1 fue de 76% y el grupo control descendió al 60% en la semana 12. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas en eficiencia alimentaria entre T2 y el grupo control ( $p = 0,000093$ ), así como en el factor de conversión alimenticia ( $p = 0,00027$ ), respaldando el uso del hidrolizado como un suplemento eficiente y sostenible. Estos hallazgos sugieren que el hidrolizado de pescado con papaína puede mejorar significativamente el rendimiento productivo en la tilapia roja, además de promover una gestión más ecológica de los residuos pesqueros.

**Palabras claves:** Papaína de papaya, hidrolizado de pescado, zootécnicos, residuos, *Oreochromis sp*, Suplemento, Látex.

## ABSTRACT

Red tilapia (*Oreochromis sp.*) is a hybrid species widely cultivated in aquaculture due to its rapid growth, disease resistance, and high commercial value. In countries like Ecuador, it represents an important source of animal protein. However, one of the main challenges in its production is the high cost of feed, which is driving the search for more sustainable and functional nutritional alternatives. This study evaluated the use of a fish hydrolysate as a dietary supplement. This product is produced from fish by-products through the enzymatic action of papain, a plant protease extracted from papaya latex (*Carica papaya*). This enzyme enabled effective hydrolysis, improving digestibility and releasing low-molecular-weight amino acids, with the potential to stimulate growth and improve feed efficiency in fish. Three treatments were designed: a control group fed a commercial diet, and two experimental groups with the inclusion of 4% (T1) and 6% (T2) of the hydrolysate. The experiment was conducted over 12 weeks, evaluating production parameters such as weight gain, final length, feed efficiency, feed conversion ratio, and survival. The results showed that treatment T2 (6% hydrolysate) exhibited the best zootechnical performance. At the end of the trial, T2 reached an average weight of 213.12 g and a length of 23.4 cm, outperforming the control group (198.42 g and 22.4 cm) and T1 (205.79 g and 22.8 cm). Regarding survival, T2 maintained a survival rate of 80%, while T1's survival rate was 76%, and the control group's survival rate dropped to 60% by week 12. Statistical analyses showed significant differences in feed efficiency between T2 and the control group ( $p = 0.000093$ ), as well as in the feed conversion ratio ( $p = 0.00027$ ), supporting the use of hydrolysate as an efficient and sustainable supplement. These findings suggest that fish hydrolysate containing papain can significantly improve production performance in red tilapia, in addition to promoting more environmentally friendly management of fishery waste.

**Keywords:** Papaya papain, fish hydrolysate, zootechnical, residues, *Oreochromis sp.*, Supplement, Latex.

# ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
3. JUSTIFICACIÓN.....	22
4. OBJETIVOS.....	24
5. HIPÓTESIS.....	25
6. MARCO TEÓRICO.....	26
6.1. Origen de la tilapia roja ( <i>Oreochromis spp</i> ).....	26
6.2. Cultivo de la tilapia roja <i>Oreochromis spp</i> a nivel mundial.....	27
6.3. Cultivo y exportación de tilapia en Ecuador.....	29
6.4. Sistema de producción de tilapia.....	32
6.4.1. Sistema Extensivo.....	33
6.4.2. Sistema Semi-Intensivo.....	34
6.4.3. Sistema Intensivo.....	35
6.4.4. Sistema Súper Intensivo.....	35
6.5. Generalidades de la Tilapia roja <i>Oreochromis sp</i> .....	36
6.5.1. Biología de la especie.....	36
6.5.2. Morfología externa.....	37
6.5.3. Morfología interna.....	38
6.6. Etapas de vida de la tilapia.....	41
6.7. Requerimientos fisicoquímicos para las tilapias.....	42
6.7.1. Calidad de agua en tanques de cultivo.....	43
6.7.2. Oxígeno disuelto en el agua.....	43
6.7.3. Temperatura.....	44
6.7.4. pH.....	45
6.7.5. Dureza del agua.....	46
6.7.6. Amonio.....	47
6.7.7. Nitrito y nitrato.....	48
6.8. Nutrición y Alimentación de la tilapia.....	49
6.9. Hidrólisis.....	50

6.10.	Importancia del hidrólisis .....	51
6.11.	Proceso de hidrólisis .....	51
6.11.1.	Hidrólisis enzimático .....	51
6.11.2.	Hidrólisis acida.....	52
6.11.3.	Hidrólisis básico .....	53
6.12.	Hidrolizado de pescado en alimentación acuícola .....	53
6.13.	Papaína de papaya en la alimentación acuícola .....	55
7.	MARCO METODOLÓGICO.....	57
7.1.	Enfoque de la investigación.....	57
7.2.	Ubicación geográfica del área de estudio .....	57
7.3.	Preparación de hidrolizado con papaína .....	58
7.4.	Análisis proximal .....	61
7.5.	Diseño Experimental.....	61
7.5.1.	Tratamientos .....	62
7.6.	Alimentación y manejo de los peces:.....	64
7.7.	Análisis de datos .....	64
7.7.1.	Factor de conversión alimenticia, (FCA).....	65
7.7.2.	Tasa específica de crecimiento (TEC) .....	66
7.7.3.	Supervivencia .....	66
7.7.4.	Mortalidad.....	66
8.	RESULTADOS .....	67
8.1.	Hidrolizado de pescado bajo diferentes dosificaciones de papaína .....	67
8.2.	Valor nutricional del hidrolizado de pescado .....	68
8.3.	Parámetros zootécnicos .....	70
8.3.1.	Crecimiento (relación peso-talla).....	70
8.3.2.	Ganancia de peso (WG).....	72
8.3.3.	Análisis estadístico de ganancia de peso .....	73
8.3.4.	Eficiencia alimentaria .....	75
8.3.5.	Factor de conversión alimenticia (FCA).....	78
8.3.6.	Análisis estadístico – factor de conversión alimenticia .....	80
8.3.7.	Tasa de supervivencia .....	82
9.	DISCUSIÓN .....	84
10.	CONCLUSIONES.....	90

<b>11. RECOMENDACIONES</b> .....	91
<b>Bibliografía</b> .....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Exportaciones de tilapia ecuatoriana a Estados Unidos (1993-2022).....	31
Figura 2 Características morfológicas externas tilapia roja ( <i>Oreochromis sp.</i> ).....	38
Figura 3. características morfológicas internas tilapia roja ( <i>Oreochromis sp.</i> ).....	39
Figura 4. Características morfológicas internas tilapia roja ( <i>Oreochromis sp.</i> ).....	40
Figura 5. Localización del área de estudio. Laboratorio de acuicultura UPSE. Santa Elena-Ecuador.....	58
Figura 6. Esquema de elaboración de hidrolizado de pescado por metodo enzimatico. ....	60
Figura 7. Elaboración grafica de hidrolizado de pescado-método enzimático.....	62
Figura 8. Esquema de distribución de tratamientos y dosificación de alimento .....	63
Figura 9. Relación Peso-Longitud comparación de tratamientos experimentales de <i>Oreochromis sp.</i> .....	71
Figura 10. Ganancia de Peso por tratamiento.....	73
Figura 11. Comparación de tratamientos como prueba de Dunn-Bonferroni .....	75
Figura 12. Eficiencia alimentaria evaluadas por semana y tratamiento.....	76
Figura13. Análisis de diferencia de medias de tratamientos mediante la prueba de Tukey .....	78
Figura 14. Análisis distributivo del TCA por grupos experimentales .....	80
Figura 15. Comparación de tratamientos con prueba de Dunn-Bonferroni-grafica caja de bigote. ....	82

Figura 16. Grafica de tabla de tasa de supervivencia por tratamiento. ....	83
--	----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la especie tilapias roja .....	37
Tabla 2. Etapas de vida de la tilapia .....	42
Tabla 3. Parámetros de calidad de agua en cultivo de tilapia .....	49
Tabla 4. Análisis bromatológico del hidrolizado de pescado con inclusión de papaína de papaya .....	69
Tabla 5. Comparación por tratamientos con prueba de Dunn-Bonferroni.....	74
Tabla 6. Tabla de comparación de tratamiento por prueba de Tukey .....	77
Tabla 7. Comparación entre tratamientos prueba de Post Hoc-Bonferroni. ....	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Obtención y proceso de aclimatación de juveniles de tilapia roja ( <i>Oreochromis</i> sp).....	93
<b>Anexo 2.</b> Medición de parámetros de calidad e agua (temperatura, salinidad, Oxígeno y pH) .....	93
<b>Anexo 3.</b> Proceso de filtración de agua para espectrofometria (Nitritos y Nitratos .....	93
<b>Anexo 4.</b> Preparación de medición de pastillas de enzima de papaya en gramos .....	93
<b>Anexo 5.</b> Medición, trituración de pescado y disolución de enzima de papaya .....	93
<b>Anexo 6.</b> Proceso y toma de temperatura del hidrolizado de pescado.....	93
<b>Anexo 7.</b> Inclusión de la papaína de papaya en el hidrolizado de pescado.....	93
<b>Anexo 8.</b> Muestra de hidrolizado de pescado con papaína de papaya .....	93
<b>Anexo 9.</b> Preparación de la muestra del hidrolizado para su proceso de centrifugado.....	93
<b>Anexo 10.</b> Hidrolizado de pescado en proceso de la centrifuga .....	93

<b>Anexo 11.</b> Liquido hidrolizado refinado .....	93
<b>Anexo 12.</b> Biometría de juveniles de tilapia rojo .....	93
<b>Anexo 13.</b> preparación del agua para su respectivo recambio .....	93
<b>Anexo 14.</b> Utilización del programa software (Excel) para datos estadísticos.....	93
<b>Anexo 15.</b> Utilización del programa software (R-estudio) para graficas estadísticas. ....	93
<b>Anexo 16.</b> Resultados de análisis bromatológico del hidrolizado de pescado dada por un especialista.....	93



## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<b>CNA</b>	Cámara Nacional de Acuicultura
<b>FCA</b>	Factor de Conversión Alimenticia
<b>WG</b>	Peso Total en gramos
<b>Mg/l</b>	Miligramos por litros
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	Ion calcio
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	Ion magnesio con dos cargas
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de calcio
<b>Ppm</b>	Partes por millón
<b>ml</b>	Mililitros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>g</b>	Gramos
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>min</b>	Minutos
<b>Diff</b>	Diferencia de medias
<b>Lwr</b>	Límite inferior de intervalo de confianza
<b>Upr</b>	Límite superior del intervalo de confianza
<b>p-adj</b>	Valor p ajustado

## 1. INTRODUCCIÓN

En 2022, la producción acuícola global de captura y pesca supero los 130,9 millones de toneladas, según la última edición de SOFIA 2024, en 2020 este alcanzó los 223.2 millones de toneladas con 185.4 millones correspondiente animales acuáticos, representando el 59 % de la producción acuicultura mundial de pesca, el 62% proveniente de la acuicultura continental con animales acuáticos cultivados y también la acuicultura marina y costera contribuyó con el 37,4 % (FAO, 2024). Esto indica que por primera vez la acuicultura de captura y pesca superó la producción de animales acuáticos, alcanzando 94,4 millones de toneladas, lo que representa un total del 51% de producción a nivel global, del cual el 57 %, es destinado al consumo humano. Sin embargo, la acuicultura sigue estando destinada en unos pocos países, y muchas naciones de bajos ingresos tales como África, Asia, América Latina y el Caribe donde no han desarrollado completamente su potencial en este sector. (FAO, 2024).

La industria pesquera genera grandes cantidades de subproductos, residuos ricos en proteínas (cabezas, escamas, piel, músculos, aletas, vísceras, etc.), que representan entre el 50 y el 70 % de la especie y son frecuentemente descartados sin aprovechamiento adecuado (Silva et al., 2014; Villamil et al., 2017). Estos componentes subutilizados pueden ser valiosos para la formulación de aditivos en la alimentación animal, actuando como alternativas a la harina de pescado y mejorando los niveles de proteína (Refstie et al., 2004; Xu et al., 2016). La hidrólisis enzimática se ha establecido como un método eficiente para transformar

subproductos en ingredientes funcionales, aunque su uso está limitado por el alto costo de las enzimas, este tiene la factibilidad de cumplir con propiedades biológicas (Chabeaud et al., 2009).

Diversos estudios han señalado el potencial de ingredientes alternativos de origen vegetal y animal para reemplazar parcialmente la harina de pescado, ya que ofrecen una buena combinación de aminoácidos esenciales, alta digestibilidad, palatabilidad, sostenibilidad y menor impacto ambiental, además de ser más accesibles económicamente (Forster, 2002). En este contexto, el uso de enzimas como la papaína, extraída de la papaya, ha ganado importancia. Esta enzima proteica, utilizada en diversas industrias, actúa en acuicultura como antiséptico, antioxidante y digestivo, favoreciendo la descomposición de toxinas y proteínas complejas (Foodnewslatam, 2018).

La papaína, es una enzima proteolítica extraída de la papaya (*Carica papaya L.*), posee una alta actividad biológica, capaz de descomponer proteínas en aminoácidos se utiliza en diversas industrias como la farmacéutica (medicinas) en la industria alimenticia (suavizante de carnes) y la industria acuícola (pienzos y alimentos) (Ezekiel Amri 2012). Esta enzima juega un papel fundamental en la digestión, descomponiendo fuentes de proteínas y fibras, dándole resistencia a antioxidante y agente antiinflamatorio (Foodnewslatam, 2018).

La elaboración de hidrolizado de pescado con papaína usada en dietas para la acuicultura tiene la factibilidad de mejorar el crecimiento, la eficiencia alimentaria, factor de conversión alimenticia y la supervivencia de los peces u organismos cultivados, demostrando propiedades funcionales, nutricionales muy eficientes que

ayudan a mejorar la salud y rendimiento productivo, (Zapata, 2015). Resultando ser un beneficio en diversos cultivos tales como cultivos de peces, crustáceos, moluscos u otros organismos (Galla et al., 2012).

Diversos estudios han demostrado efectos favorables de la suplementación con péptidos hidrolizados de pescado en el consumo de alimento de cerdos en su etapa inicial (Norgaard et al., 2012), así como un incremento diario en ganancia de peso y una mejor conversión alimenticia en la tilapia roja, (Thuy y Ha, 2016), En el ámbito acuícola, se ha evidenciado que los péptidos hidrolizados contribuyen a una mayor eficiencia digestiva, mejoran la palatabilidad del alimento y fortalecen la respuesta inmune en especies de interés comercial, como trucha arcoíris, lubina y camarón blanco (Khosravi et al., 2015; Gisbert et al., 2018), consolidándose como un aditivo funcional de alto valor nutricional.

El presente estudio se enfoca en la elaboración de un hidrolizado de pescado con diferentes concentraciones de papaína. Por tanto, se evaluó la mejor inclusión de papaína aplicándola en diferentes dietas para mejorar el crecimiento, peso, eficiencia alimenticia, FCA, supervivencia y mortalidad de *Oreochromis sp.* Los métodos de fabricación del hidrolizado son accesibles que pueden llevarse a cabo con equipos simples, permitiendo aprovechar los desperdicios de pescado de una manera rentable y eficiente. Por tanto, esta investigación contribuye la sostenibilidad de la acuicultura, optimizando el aprovechamiento de recursos en dieta para organismos acuáticos.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, la formulación de alimentos para peces de cultivo ha evolucionado con el objetivo de mejorar su eficiencia y sostenibilidad. Entre los principales cambios destacan la inclusión de ingredientes alternativos a la harina de pescado, como soya, maíz, harinas de insectos, así como la incorporación de prebióticos y aceites vegetales. Estas modificaciones reducen la presión sobre los recursos marinos, la contaminación y promover una acuicultura más responsable. Factores como la disponibilidad de materias primas, el impacto ambiental y la eficiencia nutricional son claves en el desarrollo de dietas acuícolas. Estos avances han mejorado la alimentación en cultivo, impulsando el crecimiento sostenible en la acuicultura.

Asimismo, las carencias nutricionales en la dieta de tilapia pueden generar alteraciones morfológicas y fisiológicas significativas, afectando negativamente su crecimiento, desarrollo y salud general (Saavedra, 2006). Estas deficiencias pueden provocar deformaciones óseas, retraso en la tasa de crecimiento, inmunosupresión y mayor susceptibilidad a enfermedades, lo cual compromete directamente la productividad y el bienestar de los peces en cultivo (Diana, 2012; Lim y Webster, 2006; El-Sayed, 2006).

En sistemas de producción acuícola, es común que la tilapia manifieste comportamientos caníbales, sobre todo durante sus primeras etapas de vida. Esta conducta está influenciada por distintos elementos relacionados tanto con el entorno

como con el manejo del cultivo. Según Hecht, Appelbaum. (1988), los principales factores como la cantidad y frecuencia del alimento suministrado, la densidad de los ejemplares, la iluminación, la claridad del agua, etc. pueden favorecer la aparición del canibalismo en peces, Estas variables son factores claves que reducen la agresión entre individuos, mejorar la tasa de supervivencia y asegurar un desarrollo más saludable en los cultivos de tilapia. Sin embargo, alimentos de baja calidad nutricional pueden repercutir en la producción y rentabilidad de los sistemas de producción.

En los criaderos de peces, problemas como una mala mezcla de insumos, sobrealimentación y el uso de productos de baja calidad afectan el equilibrio nutricional de los organismos. Estas prácticas generan acumulación de materia orgánica y residuos, lo que deteriora la calidad del agua y altera parámetros fisicoquímicos como el pH, amonio, nitrito, nitrato, CO<sub>2</sub> y oxígeno disuelto, comprometiendo la salud y el desempeño de los peces en cultivo.

De esta manera, en el presente trabajo se evaluaron variables productivas al desempeño de juveniles de *Oreochromis sp*, alimentados con dietas a base de hidrolizado de pescado y distintos niveles de papaína extraída de papaya. Se analizaron indicadores como la ganancia de peso, la conversión alimenticia y la tasa de supervivencia, con el fin de proponer mejoras en los alimentos balanceados, orientadas a desarrollar dietas más sostenibles, económicas y efectivas para optimizar el crecimiento y la salud de los peces en cultivo.

### 3. JUSTIFICACIÓN

La composición y formulación de alimentos para peces representa uno de los principales retos en la acuicultura moderna, debido a su impacto ambiental, económico y nutricional. En particular, la dependencia de ingredientes como la harina de pescado ha generado la necesidad de buscar alternativas sostenibles que mantengan o mejoren el rendimiento productivo sin comprometer la calidad del agua ni el equilibrio del ecosistema (Tacon & Metian, 2008).

La expansión en el aprovechamiento de subproductos derivados del procesamiento de pescado ha resultado ser una estrategia viable para mejorar la sostenibilidad en la industria acuícola. Según Olsen, Toppe y Karunasagar (2014), aproximadamente el 70 % del pescado capturado que no se destina directamente al consumo humano es procesado industrialmente. En el pasado, estos residuos se utilizaban principalmente para la elaboración de piensos, ensilados o fertilizantes, pero una gran parte terminaba como desperdicio.

Desde el año 2010, la industria ha comenzado a implementar tecnologías más eficientes para valorizar estos subproductos, permitiendo extraer de ellos compuestos de alto valor nutricional. Esto ha impulsado el desarrollo de nuevos procesos orientados a mejorar la calidad de los ingredientes utilizados en alimentos balanceados para peces (FAO, 2018).

Los hidrolizados de proteína de pescado al ser aminoácidos esenciales con altas propiedades funcionales tienen la particularidad, de retener agua, absorber nutrientes y actuando como agente emulsificante y espumante (Chalamaiah et al.,



2012). Los hidrolizado de pescado en la alimentación acuícola con unos de los ingredientes claves, mejorando su calidad nutricional, salud y la digestibilidad del pienso

La inclusión de la papaína de papaya en la elaboración de hidrolizados establece un avance significativo en la formulación de alimentos para la acuicultura. La papaína al ser una enzima, no solo contribuye a la mejora de la nutrición y digestibilidad de los peces, sino que también ayuda a fortalecer el sistema inmunológico de los juveniles de *Oreochromis sp.* Facilitando la absorción de nutrientes presentes en los hidrolizados. Corroborando que la papaína incrementa la resistencia a enfermedades que afectan en la acuicultura dando un desarrollo sostenible.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo General

- Analizar los parámetros zootécnicos de juveniles de *Oreochromis sp.* alimentadas con dietas a base de hidrolizado de pescado con papaína de papaya como una alternativa para mejorar perfil nutricional.

### 4.2. Objetivos Específicos

- Elaborar un hidrolizado de pescado aplicando diferentes dosificaciones de papaína.
- Determinar el valor nutricional de las dietas incorporadas a juveniles de tilapia roja mediante análisis bromatológico
- Analizar los parámetros de productividad (Crecimiento, ganancia de peso, FCA, supervivencia, mortalidad) de las dietas formuladas, suministradas en juveniles de *Oreochromis sp.*

## 5. HIPÓTESIS

**HI:**

El hidrolizado de pescado con papaína, en las dietas formuladas, mejora el incremento en peso y supervivencia de juveniles de *Oreochromis sp.*

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1. Origen de la tilapia roja (*Oreochromis spp*)

Este pez de agua dulce ha despertado la atención tanto de científicos como de criadores por sus características únicas. Su origen se remonta en la década de 1960 en Florida, EE. UU., donde los expertos en acuicultura implementaron un ambicioso proyecto para desarrollar tilapia, con mayor resistencia a enfermedades y crecimiento (Méndez, 2018).

El proceso híbrido que realizaron estos expertos de acuicultura fue el cruce de dos especies africanas: *Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis niloticus*, creando consigo una especie híbrida, la tilapia roja (Castillo, 2003). Este híbrido fue creado con el propósito de mejorar características comerciales y biológicas, tales como el crecimiento y la resistencia a las enfermedades (González, 2024; FAO, 2022). El objetivo de esta creación de la tilapia roja no solo es mejorar sus características comerciales, también mejorar la capacidad que poseen los peces, resolviendo problemas en la acuicultura moderna, como la seguridad alimentaria (García et al., 2001).

Gracias a la combinación genética de ambas especies parentales se logró un crecimiento y resistencia notables, con una mayor capacidad para adaptarse a diferentes entornos (Castillo, 2003). Entre estos cambios en la temperatura, la salinidad y la acidez (González, 2024).

A pesar de lograr una excelente investigación, existen algunos aspectos vagos en su desarrollo inicial. Detalles primordiales en el proceso de intersección, problemas que enfrenta cada científico y aspectos específicos en la evolución que aún están sujetos a debates (Castillo, 2003). Sin embargo, estudiar a fondo el entorno de esta especie todavía está en el proceso de investigación (González, 2024). Hoy en día, la tilapia roja es un claro ejemplo de cómo los estudios pueden ser muy innovadores, tales que pueden contribuir una eficiencia en la producción de alimentos. Enfatizando la importancia de su historia de la ciencia que existe en la acuicultura y la creación de fuentes efectivas en cuanto recursos alimentarios a nivel mundial (FAO, 2022).

## **6.2. Cultivo de la tilapia roja *Oreochromis spp* a nivel mundial**

A nivel mundial, la acuicultura ha mantenido un crecimiento constante en la producción de diversas especies, entre ellas el salmón, trucha, langostino, camarón, bagre y tilapia, con una tasa de incremento anual del 6,7% y un volumen de producción que alcanza los 90,4 millones de toneladas (FAO, 2022). En este contexto, la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) se ha consolidarse como una de las especies con mayor relevancia a nivel global, con una producción que superó el millón de toneladas de captura y pesca (Global Aquaculture Alliance, 2019). La mayor parte de la producción de tilapia (80%) proviene de países asiáticos, destacándose China como el principal productor, seguido por Tailandia, Indonesia,

Filipinas y Taiwán (Tveternas et al., 2020). En América, países como Ecuador, Costa Rica, Colombia y Honduras también participan en su producción y exportación (Méndez, 2018; FAO, 2021).

En América Latina y en el Caribe, los procesos de la acuicultura se clasifican de dos principales tipos. El primero clasifica los limitados recursos que tiene la acuicultura (AREL), incluyendo trabajos de manera independientes desarrollándose por pequeñas comunidades en bajas condiciones que afectan su estabilidad en la producción (FAO, 2016). El segundo género es para micro y pequeñas empresas acuícolas, enfocando un claro comercio, permitiendo a la industria crear empleos de pequeño desarrollo económico (las Naciones Unidas en la Organización Alimentaria y Agrícola, 2022). Siendo de este modo que la acuicultura ha sufrido bajos porcentajes de crecimiento en las últimas décadas, elevando significativamente la inversión y estabilidad de la infraestructura (CNA, 2021).

Existen estimaciones que están enlazadas en la acuicultura global (Global Aquaculture Alliance, 2019), dadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2022), la producción de cultivo de tilapias corrobora tener un alto crecimiento en 2019, alcanzando los 6,5 millones de toneladas métricas y una tasa de crecimiento anual con un promedio del 7,7% en esta última década (Global Aquaculture Alliance, 2020). Este elevado porcentaje se debe a las características favorables de la tilapia, de las cuales incluye una alta

adaptación y estadidad, permitiendo prosperar el cultivo de tilapia en diversas condiciones climáticas y ambientales (Tveteras et al., 2020).

### **6.3. Cultivo y exportación de tilapia en Ecuador**

El cultivo de tilapia roja en Ecuador se inició en 1965 en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas, en un principio como una práctica artesanal sin fines comerciales. En la actualidad, las especies más cultivadas en el país son la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y el híbrido rojo de tilapia (*Oreochromis sp.*) (Churuchumbi, 2020).

La industria de cultivo de tilapia roja en Ecuador está integrada en diversas empresas, como Aquamar, Indumar, Santa Priscila S.A, Maramar, Premium Company y Empagran. destacando una infraestructura avanzada y una capacidad para distribuir y preparar productos con mayo factibilidad (Cuascota y Herrera, 2021). Este tipo de cultivo presenta varias ventajas, como la alta adaptabilidad de la tilapia roja a temperaturas extremas, su facilidad para reproducirse, su resistencia a enfermedades y su alta productividad. No obstante, el cultivo en densidades elevadas y sin un manejo adecuado puede generar estrés en los alevines, favoreciendo la aparición de patógenos oportunistas. El microbiota intestinal de los peces es un ecosistema complejo que cambia a medida que los peces comienzan a alimentarse de forma exógena (Zamora, 2020).



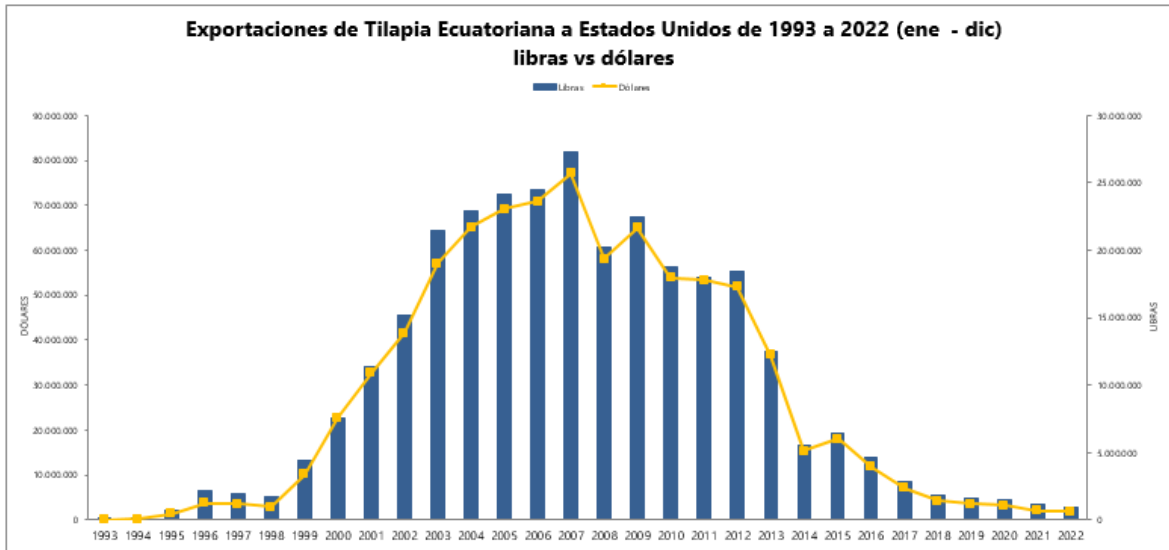
En cuanto a la reproducción de la tilapia roja, esta se caracteriza por la incubación bucal, en la que la hembra cuida y guarda a las crías. Además, se ha observado que los machos crecen más rápidamente y alcanzan tamaños mayores que las hembras. En un entorno comercial, pueden llegar a medir hasta 39 cm, aunque en acuarios suelen ser más pequeños (Sandoval y Jiménez, 2019).

La exportación de tilapia que se realizó en Ecuador experimentó una gran evolución significativa en las últimas tres décadas, caracterizada por un crecimiento inicial, y una disminución posterior. Según el Departamento de Acuicultura Nacional (CNA, 2023), la primera exportación de tilapia se realizó a los Estados Unidos desde 1993 dando una escala de \$ 21.731, provocando un ingreso de aproximadamente \$ 32.555. Al pasar de los años, las exportaciones siguieron aumentando significativamente, alcanzando el máximo nivel de exportación en 2007, cuando se registraron 27,315,395 libras donde ingresos superaron los 70 millones de dólares (CNA, 2023).

Desde ese punto la historia máxima, como se muestra en la Figura 1, la industria comenzó a enfrentar el declive gradual en los años siguientes, observando, bajas exportaciones e ingresos recibidos. Hasta después del 2020, las exportaciones alcanzaron los \$ 1157,000 con un valor total de \$ 2.2 millones en 2021, dando un precio promedio de \$ 1.84 por cada libra (CNA, 2021). Iniciando los meses de 2022, los números continuaron reflejando esta tendencia registrando

105,641 libras exportadas y el precio promedio fue un poco leve registrando el \$ 1.71 por libra (CNA, 2022).

Figura 1. Exportaciones de tilapia ecuatoriana a Estados Unidos (1993-2022)



**Nota.** La figura muestra la evolución de las exportaciones anuales de tilapia de Ecuador hacia EE. UU., expresadas en libras (barras azules, eje izquierdo) y en dólares (línea amarilla, eje derecho). Se observa un crecimiento sostenido hasta 2007, seguido por una disminución progresiva. Fuente: elaboración propia con datos del sector exportador acuícola. Extraído de la Cámara Nacional de Acuicultura 2023.

En la figura se observa comportamiento decreciente en cuanto las exportaciones basándose en los factores como el aumento de la competencia internacional, cambios en la preferencia de los consumidores demostrando desafíos internos que se relaciona con producción en cuanto a costos de exportación (Mongabay, 2022). No obstante, de la misma manera en el período de contracción fue una oportunidad para que el sector tilapero ecuatoriano reflexionando sobre la importancia de mejorar la calidad de los productos, y optimizar el costo de piensos.

Asimismo, el desarrollo del sector ha sido impulsado por la implementación de buenas prácticas acuícolas, certificaciones internacionales como Global G.A.P. y la creciente demanda del mercado estadounidense y europeo por productos sostenibles y de alta calidad (FAO, 2020; Martínez y Rosado, 2021).

Respecto a las condiciones para su cultivo, los estanques de recría o pre-engorde deben ser de forma rectangular, con un área de 1000 m<sup>2</sup> y una profundidad promedio de 1,20 m, mientras que los estanques de engorde no deben superar los 3000 m<sup>2</sup>. Es fundamental preparar bien los estanques para la llegada de los alevines y evitar la presencia de predadores (Allan, 2019). En general, el cultivo de tilapia roja en Ecuador sigue una trayectoria de crecimiento constante, no solo por su importancia económica, sino también por su rol en garantizar la seguridad agroalimentaria de las comunidades rurales (Jácome, 2019).

#### **6.4. Sistema de producción de tilapia**

Para la producción de tilapia existen distintos sistemas cada una con un grado mayor de complejidad una variable en cuanto al control sobre el ambiente de cultivo. Existen de otros sistemas de cultivo más básicos, con un manejo mínimo de la calidad del agua y alimento, mientras que en sistemas más avanzados es posible optimizar la producción mediante técnicas especializadas. Los sistemas principales

de cultivo son: extensivo, semi-intensivo, intensivo y súper intensivo (Martínez-Palacios et al., 2010).

#### **6.4.1. Sistema Extensivo**

Este tipo de producción se caracteriza por una baja intervención en el medio ambiente, con un control mínimo de las condiciones del cultivo. La calidad del agua y la cantidad de nutrientes dependen principalmente de los recursos naturales disponibles, como los minerales disueltos en el agua y los aportes del suelo del estanque. En estos sistemas, los estanques suelen contar con drenaje, aunque el abastecimiento del agua no está completamente controlado (García & Mendoza, 2012).

En este sistema la densidad de siembra puede variar las condiciones con valores de 10,000 y 20,000 peces por hectárea. Debido a esto la ausencia de suplementación nutricional en alimentos balanceados, el sistema de producción se basa en la productividad natural del estanque dimensiones que pueden ser de 10 a 20 hectáreas, y la producción obtenida varía entre 300 y 700 kg por cosecha (Avendaño et al., 2015).

Este sistema solo resulta viable en lugares donde el costo de la tierra y la construcción del estanque es bajo, o cuando el estanque se utiliza para otros fines

adicionales. Aunque la inversión es mínima, la falta de control limita la eficiencia y el rendimiento del cultivo (López & Ramírez, 2013).

### **6.4.2. Sistema Semi-Intensivo**

El sistema semi-intensivo implica una mayor intervención en el entorno del cultivo. Aquí se logra un control total sobre la calidad del agua, las especies de tilapia que se cultivan y las que se cosechan (Rojas & Espinosa, 2014). Para mejorar la productividad natural del estanque, se emplean fertilizantes, tanto orgánicos como inorgánicos, y en algunos casos se complementa con un alimento suplementario, aunque sin recurrir a aireación mecánica (SENA, 2017).

Este es uno de los métodos pequeños y medianos que no pueden realizar inversiones significativas y en zonas donde los alimentos comerciales de alta calidad no están disponibles. Comúnmente, se utilizan los estanques de tierra que son llenados y drenados según las necesidades del productor. En cuanto la tasa de siembra en este sistema tiende a oscilar entre 50,000 y 100,000 peces por hectárea, con un ciclo productivo de aproximadamente cinco a seis meses (FAO, 2020). Durante el lapso de este tiempo, los peces crecen desde un peso inicial de 5-20 gramos alcanzado su de tamaño de cosecha. Esto puede variar en cada tanque, desde grandes extensiones de 2 hectáreas hasta pequeñas instalaciones (Benetti et al., 2018).

### **6.4.3. Sistema Intensivo**

Existe una revisión ambiental significativa en este tipo de sistema para optimizar la producción. Control general para agua, densidad de siembra y calidad de los alimentos. Además, se utilizan métodos avanzados para garantizar la calidad del agua, como la aireación mecánica o las piezas regulares (Martínez-Cordero y Leung, 2004). Las articulaciones pueden ser la tierra o el concreto, y la densidad de siembra es alta, con valores de 100,000 a 300,000 peces por hectárea. El pescado solo come con una dieta equilibrada de alta calidad, con un contenido de proteína de 25-30% (Álvarez-Gangzález et al., 2019).

Los alimentos se ajustan del 2% al 4% de la cantidad total de pescado por día, sin exceder los 80-120 kg de alimentos por hectárea por día. Los aireadores mecánicos se utilizan para mantener niveles de oxígeno adecuados en el agua y los productos pueden alcanzar de 5000 a 12,000 kg por hectárea (Salas Leiva et al., 2011).

### **6.4.4. Sistema Súper Intensivo**

Este método cultural se centra en maximizar la producción con una densidad de plantación muy alta. Los estanques súper intensivos hacen que las piezas de repuesto de hasta 100% por hora para mantener una calidad óptima. Además, se

emplean aireadores mecánicos constantemente para garantizar una oxigenación adecuada (Masser et al., 2017). Los estanques utilizados en este sistema suelen ser de concreto y con diseño de flujo continuo lo que permite mejorar la circulación del agua y evitar la acumulación de desechos. También es posible aplicar este sistema en jaulas flotantes, donde la densidad de siembra puede superar las 600 tilapias por metro cúbico. Dado que los peces dependen completamente de la alimentación artificial, el alimento debe ser de alta calidad, con un contenido proteico del 30-40% (Timmons & Ebeling, 2010). Este sistema es el que permite las mayores producciones, pero requiere un control riguroso y una inversión considerable en infraestructura y alimentación (Márquez et al., 2019).


## **6.5. Generalidades de la Tilapia roja *Oreochromis sp***

### **6.5.1. Biología de la especie**

El cuerpo de la tilapia presenta una forma comprimida, con un pedúnculo caudal cuya profundidad es equivalente a su longitud. Sus escamas son de tipo cicloide y carece de protuberancias en la parte dorsal del hocico. Según Velázquez-Abunader et al. (2012), la mandíbula superior no exhibe diferencias entre machos y hembras. En el primer arco branquial, se pueden encontrar entre 27 y 33 filamentos. La aleta anal posee tres espinas, mientras que la aleta caudal es de forma truncada. Durante la época de reproducción, las aletas pectoral, dorsal y caudal adquieren una tonalidad rojiza, y la aleta dorsal se distingue por la presencia de múltiples

líneas negras (FAO, 2009). *Oreochromis sp.*, posee la siguiente clasificación taxonómica, referenciada en la Tabla 1.

**Tabla 1. Taxonomía de la especie tilapias roja**

<b>Reino:</b> Animalia	
<b>Filo:</b> Chordata	
<b>Clase:</b> Actinopterygii	
<b>Orden:</b> Perciformes	
<b>Familia:</b> Cichlidae	
<b>Género:</b> Oreochromis	
<b>Especie:</b> Oreochromis. Sp	
<b>Nombre común:</b> Tilapia roja	

*Nota.* Imagen representativa de un ejemplar de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

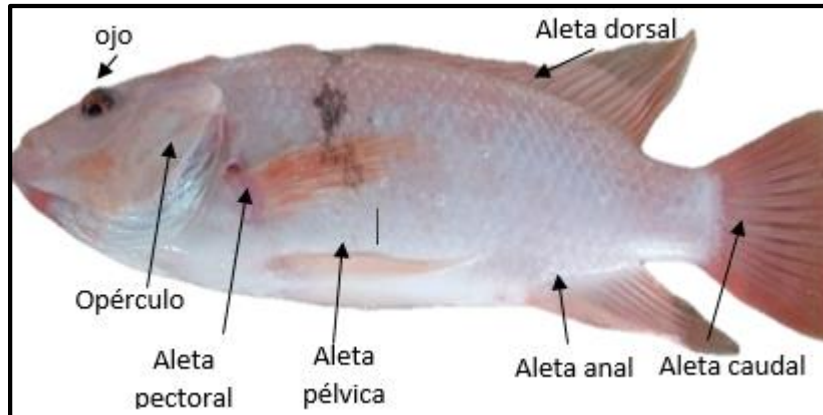
### 6.5.2. Morfología externa

Las tilapias tienen un cuerpo robusto y comprimido lateralmente, y en algunas especies, los machos presentan una cabeza más grande que las hembras (Cuellar, 2000). Su boca es ancha y protráctil, con labios gruesos y carnosos, y tienen dientes cónicos, a veces incluso incisivos (Pérez, 2019). Las escamas son de tipo ctenoideo (López, 2018). Las aletas dorsal y anal son cortas, con espinas y radios, mientras que la línea lateral está dividida en dos secciones: la anterior extendiéndose desde el opérculo hasta la aleta dorsal, y la posterior va desde el final de la línea lateral superior hasta la aleta caudal (Gómez, 2021; Rodríguez, 2020). Además, poseen un orificio nasal de cada lado de la cabeza (Martínez, 2017), como se presenta en la (Figura 2).



**Figura 2**

*Características morfológicas externas tilapia roja (Oreochromis sp.).*



**Nota.** La imagen muestra las principales características externas de la tilapia roja, incluyendo las aletas, forma del cuerpo y estructura cefálica, utilizadas para su identificación y clasificación morfológica. (Calderón 2025).

### **6.5.3. Morfología interna**

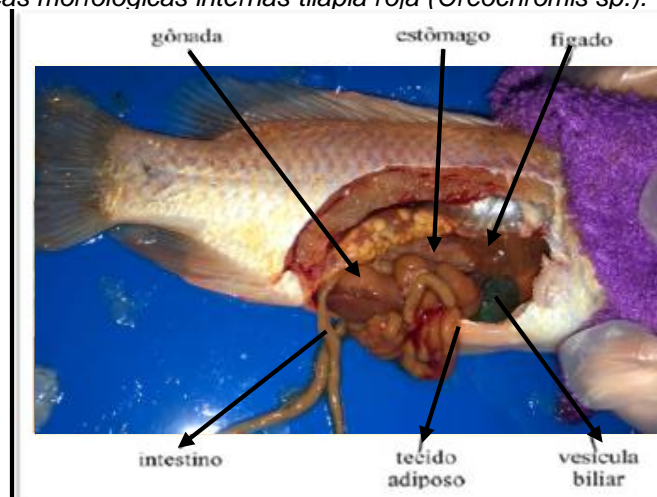
El aparato digestivo de la tilapia inicia en la boca, que presenta dientes mandibulares, los cuales pueden ser unicúspides, bicúspides o tricúspides (Cuellar, 2000; López, 2019). A continuación, el sistema continúa hacia el esófago y el estómago, y el intestino tiene la forma de un tubo hueco y redondo que se va estrechando después del piloro. El intestino está dividido en dos secciones: una parte anterior corta, que es el duodeno, y una posterior más grande y de menor diámetro (Gómez, 2021). En las especies herbívoras, el intestino es aproximadamente siete veces más largo que el cuerpo total (Pérez, 2018). Entre las glándulas digestivas, se encuentra el hígado, un órgano grande y alargado situado en la parte superior del abdomen. Encima del hígado se halla una pequeña estructura redonda de color verde, la vesícula biliar, la cual está conectada al intestino a través de un conducto biliar por donde se libera la bilis (Rodríguez, 2020;

Martínez, 2017). Otra glándula digestiva es el páncreas, compuesto por pequeños fragmentos redondeados, los cuales no son fácilmente visibles (López, 2018).

El sistema circulatorio está representado por el corazón, un órgano redondo y bilobulado, formado por tejido muscular, que se encuentra en la base de la garganta (Gómez, 2021). La respiración se lleva a cabo a través de las branquias, que están ubicadas en la cavidad del opérculo de cada lado de la cabeza, tienen forma de abanico y están dotadas de pequeñas laminillas branquiales (Martínez, 2017). Además, las tilapias cuentan con una vejiga natatoria, que está ubicada debajo de la columna vertebral y tiene una forma alargada y globosa, ayudando a mantener el equilibrio de flotabilidad (Pérez, 2019). Finalmente, el riñón con forma ovoide, encargándose de filtrar la sangre y se conecta con la vejiga (Rodríguez, 2020). Como se presenta en la figura 3.

**Figura 3.**

*Características morfológicas internas tilapia roja (Oreochromis sp.).*

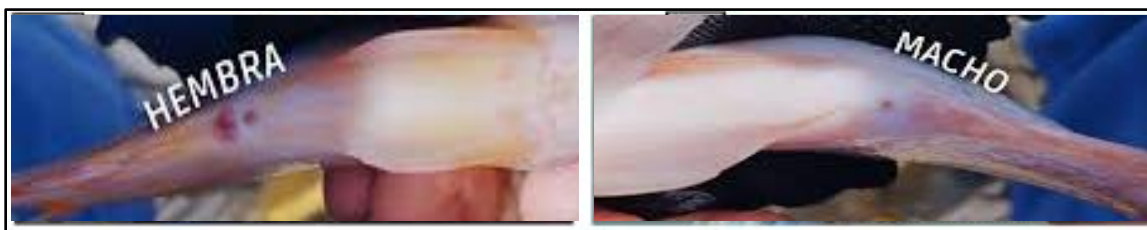


**Nota.** La figura presenta los principales órganos internos de la tilapia roja, incluyendo sistema digestivo, branquial, reproductor y órganos vitales, que permiten comprender su fisiología y funcionamiento biológico.

El sistema excretor está compuesto por dos riñones de forma ovoide, desempeñando funciones excretoras y osmorreguladoras. Los productos nitrogenados, principalmente amoníaco, son filtrados por los glomérulos y transportados por los uréteres hacia la vejiga urinaria. Finalmente, eliminan los desechos a través de la cloaca (Méndez & Lara, 2022), siendo este su sistema para mantener el equilibrio iónico y la homeostasis en ambientes de agua dulce (Romero et al., 2020).

En cuanto al aparato reproductor, la mayoría de los peces poseen un par de gónadas situadas lateralmente en la cavidad abdominal (Figura 4). En las hembras, los ovarios tienen forma tubular alargada y su tamaño varía según el ciclo reproductivo. En los machos, los testículos también son pares y presentan aspecto de sacos alargados. Ambas estructuras están suspendidas por mesenterios que los conectan a la pared corporal y facilitan su irrigación sanguínea (Fonseca Guerrero, 2016; Romero, Villalba & Díaz, 2020). Este sistema reproductivo permite a muchas especies alcanzar una alta tasa de reproducción, lo cual es clave en acuicultura.

*Figura 4. Características del aparato reproductor de tilapia roja (Oreochromis sp.) en hembra y macho*



**Nota.** La figura muestra las diferencias morfológicas entre los aparatos reproductores de la hembra y el macho de tilapia roja, permitiendo la identificación sexual mediante la observación de órganos genitales externos. (Calderón 2025.)

## **6.6. Etapas de vida de la tilapia**

La producción de tilapia en sistemas acuícolas se organiza en distintas fases con el propósito de controlar adecuadamente variables como el peso, el tamaño de los ejemplares, la dieta balanceada y la frecuencia de alimentación en cada etapa del desarrollo (López & Rodríguez, 2021).

Esta especie alcanza su madurez sexual en un corto periodo, generalmente a partir de los tres meses de edad. Durante su ciclo de vida se reconocen cinco etapas fundamentales: huevo, alevín, cría, juvenil y adulto (Trinidad, 2020). En la fase de huevo, se forma el cigoto tras la fecundación del óvulo por el espermatozoide. Posteriormente, se inicia el desarrollo embrionario hasta la eclosión (Gutiérrez et al., 2018).

Los alevines surgen del huevo en un lapso de entre tres y cinco días. Durante esta fase se alimentan de nutrientes almacenados en el saco vitelino, logrando alcanzar un tamaño aproximado de entre 0,5 y 1 cm al final del proceso (Ramírez & Calderón, 2019). La tilapia es clasificada como cría cuando llega a medir entre 3 y 7 centímetros. En esta fase ya se alimenta externamente y comienza una etapa de rápido crecimiento, con necesidades nutricionales específicas (Vargas & Herrera, 2020).

El estadio juvenil abarca ejemplares que han superado los 7 cm y que pueden alcanzar hasta los 10 cm. Esta fase se presenta aproximadamente a los dos meses de edad y se caracteriza por una mayor demanda energética y una apariencia cada vez más similar a la del pez adulto (Mendoza & Salazar, 2021).

La fase de engorde tiene lugar cuando los peces alcanzan un peso de 150 gramos y se mantiene hasta llegar al peso óptimo de cosecha. Durante este periodo, los peces se cultivan en estanques cuya superficie puede variar entre 1.000 y 5.000 m<sup>2</sup>, con densidades de siembra de 1 a 40 individuos por metro cuadrado, dependiendo del sistema de producción utilizado (Pérez et al., 2020).

**Tabla 2.**  
*Etapas de vida de la tilapia.*

<b>Etapas</b>	<b>TALLA</b>	<b>Peso</b>	<b>Edad (días)</b>
<b>Huevo</b>	0.2-0.3	0.01	3-8
<b>Alevin</b>	0.7-1.0	0.10-0.12	12-15
<b>Alevin cria</b>	1-5	0.5-4.7	15-30
<b>Juvenil</b>	5-10	10-50	45-60
<b>Adulto</b>	10-18	70-100	70-90

**Nota.** Descripción de las etapas de vida de la tilapia según talla, peso y edad aproximada. Rodríguez, 2021.

### **6.7. Requerimientos fisicoquímicos para las tilapias**

Poot (2012) manifiesta que se debe tomar en cuenta ciertas propiedades fisicoquímicas para el cultivo de tilapia, estas siempre tienen que mantenerse dentro los parámetros que se requieren para garantizar un buen desarrollo para los peces. A continuación, se presentan los requerimientos físico químicos en el cultivo de *Oreochromis sp.*

### **6.7.1. Calidad de agua en tanques de cultivo.**

Para un buen cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) las condiciones del agua deben ser adecuadas, variables como el oxígeno disuelto, la temperatura, el pH, la salinidad factores físico químico como el amonio nitrito y nitrato son determinantes para su desarrollo, supervivencia y bienestar (Boyd, 2020). A pesar de ser una especie híbrida tiene capacidad para adaptarse a fluctuaciones ambientales, tales como cambios en la acidez o disponibilidad de oxígeno (Castillo Arauz & Domínguez Velásquez, 2019), es muy fundamental controlar estos diversos parámetros un crecimiento saludable, un rendimiento óptimo y una estabilidad en cuando supervivencia. Estos factores permiten optimizar el ambiente de cultivo, promoviendo un buen desarrollo eficiente y reduciendo el riesgo de enfermedades.

### **6.7.2. Oxígeno disuelto en el agua**

Es uno de los parámetros físico-químicos más importantes que se necesita en el cultivo de tilapias ya que su disponibilidad influye directamente a la salud y desarrollo de los organismos (Arana et al., 2017) el grado de oxígeno debe estar por encima de 4mg/l con el fin de garantizar un crecimiento adecuado y minimizar la mortalidad no debe esta menos de ese valor (Castillo Arauz 2019).

Aunque la tilapia tolera bajas concentraciones de oxígeno, como 1.0mg/l, no debe ser inferior a 3mg/l, ya que son valores críticos generando estrés, debilitando su sistema inmunológico, aumentado el riesgo de enfermedades infecciosas,

ralentizando su crecimiento y elevando la tasa de mortalidad y tales efectos que puede provocar en la tilapia (Pallares y Borbor, 2012):

Niveles de oxígeno:

- Entre 0.0 y 0.3 mg/l: los peces pequeños tienden a vivir periodos de corto plazo.
- Entre 0.0 y 2.0: nivel de oxígeno letal en exposición prolongada.
- Entre 3.0 y 4.0: los peces logran sobrevivir, pero su desarrollo es lento.
- Valor superior a 4.5 son ideales para su salud y garantiza un crecimiento óptimo.

### **6.7.3. Temperatura**

La temperatura es un factor importante en el cultivo de tilapias, es uno de los factores que directamente afecta a su crecimiento, eficiencia alimenticia y bienestar general. La tilapia al ser un pez poiquilotermo, depende de la temperatura para su entorno para regular su metabolismo. El rango óptimo de temperatura para su desarrollo se situó entre 26 ° C y 30 ° C, donde se observa una mayor eficiencia de la conversión alimenticia y un crecimiento acelerado (Jinagool at al., 2024; Troy et al., 2017; Collins et al., 2020).

Cada que la temperatura del agua desciende a 20°C, la tasa de alimentación y el crecimiento de la tilapia disminuye de manera significativa. Siendo una especie

que tiene la capacidad de tolerar bajas temperaturas como 7-10°C durante periodos breves, son condiciones que pueden generar estrés y aumentando la susceptibilidad a enfermedades (Maulu et al., 2021). Por tanto, temperaturas superiores a 34°C causan estrés térmico, y si esta se mantiene durante periodos prolongados, puede provocar factores letales para los peces (Siddique et al., 2024).

Se debe considerar que la tasa metabólica de la tilapia eleva con la temperatura, lo que indica un mayor consumo de oxígeno. Por tanto, es muy importante monitorear, ajustar la temperatura como niveles de oxígeno disuelto garantizando un ambiente adecuado para el desarrollo y estabilidad de los peces (pallares, 2012).

Al seleccionar el sitio para el cultivo de tilapia, se debe considerar un clima con temperaturas invernales superiores a los 20°C, ya que temperaturas más bajas pueden afectar negativamente el crecimiento y la salud de los peces (Boyd y Hanson, 2010).

#### **6.7.4. pH**

El pH, ya que refleja alcalinidad del agua y el grado de acidez, influyendo directamente el bienestar de los peces. En cada sistema acuícola se recomienda mantener el pH del agua entre 6,5 mínimo y 8,5 máximo, rangos que permiten una secreción normal de mucus en la piel del pez, ayudándolos en su protección y salud (Bautista y Velazco, 2011). El pH también afecta una variedad de serie químicas en



el agua, determinando si esta dura o blanda, lo que a su vez influye carbonatos esenciales para el cultivo. (Lemos et al., 2018).

Los valores de pH que se dan fuera del rango óptimo, pueden generar consecuencias negativas, conocido como estrés ácido, provocando excesiva acumulación de mucus en las branquias, alterando el intercambio gaseoso y afectando el equilibrio ácido-base de la sangre de los peces, dándoles estrés respiratorio y disturbios osmóticos, debido a la disminución de la concentración de cloruro de sodio (NaCl) en el organismo (Bautista y Velazco 2011). Por lo tanto, un pH excesivamente alto o bajo también puede manifestarse en cambios de comportamiento, como letargo, pérdida de apetito, retraso en el crecimiento e incluso mortalidad (Lemos et al., 2018).

#### **6.7.5. Dureza del agua**

La dureza del agua en acuicultura se refiere a la concentración de iones de calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) disueltos en el medio acuático, expresada comúnmente en miligramos por litro (mg/l) de carbonato de calcio. Este parámetro es necesario para de adecuado desarrollo de los peces, especialmente en las etapas tempranas de vida como las larvas, por tanto, en estas fases el calcio necesario para la formación de estructuras óseas y la regulación osmótica se obtiene directamente del agua (Poleo, 2015)

El cultivo de las especies como la tilapia se recomienda que el nivel de dureza del agua este por encima de los 50mg/l de  $\text{CaCO}_3$ , debido que concentraciones por debajo de este valor pueden comprometer el crecimiento y la salud de los peces (Tucker y Hargreaves, 2024). El rango ideal de dureza se sitúa entre 50 y 350 mg/l, dentro de esto se garantiza una adecuada disponibilidad de minerales esenciales sin llegar a niveles que causen precipitación o interferencias en otros parámetros del agua (Boyd 2020).

Las aguas duras contienen altos niveles de calcio y magnesio, son caracterizadas por ser relevante para el metabolismo y crecimiento de los peces, también contribuye a la estabilidad del pH en el ambiente acuático (Chattopadhyay et al., 2021).

#### **6.7.6. Amonio**

En condiciones de agua, el amoníaco existe de dos maneras: ionización ( $\text{NH}_4$ ), bastante inofensivo en comparación con la ionización ( $\text{NH}_3$ ), tóxica. Su intercambio depende del pH y la temperatura del agua; En el caso de un mayor pH, aumenta la presencia de  $\text{NH}_3$ , aumentando el riesgo de toxicidad en los peces (Valenzuela et al., 2018). En el agua principal, la falta de protones evita la transformación de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4$ , evitando que se retire (Boyd y Tucker, 2012).

La tilapia, al ser un pez amoniotélico, libera grandes cantidades de amoníaco al medio. En cultivos intensivos, este compuesto debe mantenerse entre 0 y 1 ppm

para evitar estrés y mortalidad (Hoseini et al., 2019; Zhu et al., 2021). Concentraciones superiores reducen la tasa de supervivencia y afectan funciones fisiológicas básicas (Chen et al., 2020).

#### **6.7.7. Nitrito y nitrato**

Estos parámetros en los sistemas acuícolas se generan como subproducto en el medio convirtiendo el amoníaco en nitratos. Este proceso, es llevado a cabo por bacterias específicas, es esencial para mantener la calidad del agua, sin embargo, los nitritos son altamente tóxicos para los peces, por lo tanto, interfieren con la función de hemoglobina, reduciendo su capacidad para poder transportar oxígeno, especialmente en condiciones bajo oxígeno disuelto (Valenzuela et al., 2018).

El amoníaco presente en los sistemas acuícolas, producto de la excreción de los peces y la descomposición de materia orgánica, debe ser transformados para evitar efectos tóxicos. Este proceso es llevado a cabo por bacterias nitrificantes que convierten el amoníaco en nitritos. Posteriormente otros microorganismos completan el proceso, al convertir los nitritos en nitratos (Manduca et al., 2020; Flores-Valenzuela et al., 2021). A pesar de su menor toxicidad, los nitratos pueden generar complicaciones si superan los niveles recomendados. En tilapia, los nitritos no deben exceder concentraciones de 1.5 a 2mg/L, mientras que los nitratos deben

mantenerse entre 0 y 40 ppm para evitar efectos adversos como estrés, intoxicación o incluso mortalidad (Yang et al., 2021; Roveda et al., 2024).

Tabla 3.

Parámetros de calidad de agua en cultivo de tilapia.

Parámetros	Unidades	Rangos
Oxígeno	Mg/L	3 – 4
Temperatura	°C	26 – 30
pH	Unidades de pH	6.5 – 6.8
Dureza	mg/L	50 – 35
Amonio	mg/L	0 – 1
Nitritos	mg/L	1.5 – 2
Nitratos	mg/l	0 – 40

**Nota.** Rangos óptimos de parámetros físico-químicos para el cultivo de tilapia.

## 6.8. Nutrición y Alimentación de la tilapia

La tilapia roja proviene del genero *Oreochromis*, es una especie omnívora por la capacidad de ingerir una variedad de alimentos, desde organismos macroscópicos a microscópicos, tales como algas y bacterias ( Brujel, 2002). La dieta de la tilapia en ambiente natural está compuesta principalmente de zooplancton y fitoplancton, alimentaciones cuyas proteínas logran tener 55%, (Calderon, 2016).

Las adaptaciones morfológicas que posee la tilapia son sus braqui-espinas, una de las estructuras que les permite filtrar de una manera efectiva el alimento que queda suspendido en el agua, sus dientes faríngeos otras de las estructuras que les permite triturar el alimento antes de paso al sistema digestivo (Brujel, 2002).

Mecanismo por el cual se complementa en el intestino largo midiendo de 7 a 10 veces en cuanto la longitud del pez, facilitando la mejora en la absorción de nutrientes, (FAO, 2023).

En un cultivo de tilapia que está en condiciones excelentes, esta acepta con facilidad alimentos formulados. Durante los diferentes estadios de crecimiento, se les suministran dietas cuyo nivel de proteína varía entre los 28% y el 50%, esto depende del tamaño el peso corporal y la tasa de alimentación, (Calderon, 2016), existen muchos casos, donde hay dietas formuladas a base de harina proteica como harina de insectos, dado que contribuye un desarrollo óptimo de los peces. (García, 2019).

## **6.9. Hidrólisis**

La hidrólisis es una de las reacciones químicas en la que una molécula se descompone en dos o más compuestos, son más simples el momento de reaccionar con agua, esta es una acción que se da mediante la adición de una molécula de agua a un enlace químico, provocando que los enlaces se rompan y logren formar dos nuevos compuestos, el hidrólisis puede ocurrir de diferentes métodos o tipos, tales como enzimático, ácido, básico, químico y polisacárido (Gutierrez, 2018).

## **6.10. Importancia del hidrólisis**

Es uno de los procesos esenciales en diversos campos debido a que tiene la capacidad de descomponer moléculas y liberar energía, se usa en la industria alimentaria modificando proteínas carbohidratos el cual ayuda a la mejora de la textura el sabor y su valor funcional, ejemplo el Hidrólisis almidón que se da por vía enzimática permitiendo producir jarabes glucosa o maltosa crucial en la elaboración de endulzantes (ScincenDirect, 2024).

En la producción de biocombustibles especialmente en la enzimática descomponiendo lignocelulosica, en residuos forestales en azucares fermentables, que luego se transforman en etanol u otros combustibles (Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 2021). Existen varios tipos de Hidrólisis las cuales se lleva a cabo dependiendo de las condiciones que son:

## **6.11. Proceso de hidrólisis**

### **6.11.1. Hidrólisis enzimático**

Este es un proceso que donde se descomponen proteínas en péptido a un menor tamaño con aminoácidos de acción libre de enzimas proteolíticas (Rathore, 2016). Este es un método usado por industrias alimentarias y acuícolas, que ayuda a preservar una mejor funcionabilidad de proteína en cada valor nutricional, en comparación que tiene con el hidrólisis químico generando productos indeseables como residuos toxico o aminoácidos. (Pasupuleti V. K., 2010)

A comparación con el método químico este requiere condiciones extremas de pH y de temperatura, por otro lado, el hidrólisis enzimático se lleva a cabo en bajas condiciones permitiéndole conservar nutrientes esenciales evitando una mayor degradación de compuestos bioactivo las enzimas utilizadas como son la papaína, bromelina, tripsina, pepsina, tipos de enzimas microbianas como la *Bacillus spp* (Zavareze et al., 2014). Estas enzimas tienen la facilidad de romper los enlaces péptidos en cada sitio específico, dando como resultados hidrolizados con una alta digestibilidad y bioactividad (Nilsang, 2005)

El proceso de Hidrólisis de forma enzimática lleva consigo varias etapas, que son el pretratamiento de la materia prima, los ajustes de condiciones de pH, adición de la enzima para finalizar con la inactivación térmica de la enzima para poder llegar al grado de Hidrólisis deseado, seguido de esto el producto de manera opcional puede ser secado por atomización o liofilización en sus componentes acuícolas. (Pasupuleti V. K., 2010).

### **6.11.2. Hidrólisis acida**

En el contexto del Hidrólisis acida es un proceso por el cual este usa ácidos fuertes, que les facilita romper proteínas en péptido más pequeños, es una de las técnicas más antiguas, de la cual sigue siendo útil, usado para transformar desechos de pescado en recursos de productos aprovechables (Das, 2021; FAO, 2022).

Es uno de los métodos que destruye algunos aminoácidos como triptófano reduciendo la calidad nutricional del hidrolizado (He et al., 2023), aun así, este tiene

la capacidad de liberar péptidos bioactivos, con propiedades antimicrobianas y antioxidantes que se usan en dietas funcionales y dietas acuícolas (Olanunju et al., 2018).

Existe una gran desventaja de este proceso que son la formación de compuestos tóxicos, pérdida de nutrientes y la necesidad de neutralizar el ácido (Wisuthiphaet et al., 2016; FAO, 2022). Proceso que se debe mejorar a condiciones más suaves o realizar combinaciones con el Hidrólisis enzimático (Rathone et al., 2016). Aunque es útil y menos específica, pero sigue siendo el proceso más agresivo que la enzimática

### **6.11.3. Hidrólisis básico**

El proceso de Hidrólisis básica es uno de los métodos que ampliamente se usa para la degradación de proteínas, fuertes como hidróxido de potasio y sodio, dadas bajo condiciones de alta temperatura y pH elevado (Gupta et al 2012; Zhang et al).

### **6.12. Hidrolizado de pescado en alimentación acuícola**

Los hidrolizados de pescado es uno de los productos que se obtiene a partir del Hidrólisis químico o enzimática de proteínas, generando péptidos a un bajo un



peso molecular, compuestos bioactivos y aminoácidos libres. Este es uno de los procesos mejora la digestibilidad y el aprovechamiento nutricional, obtenido un alto grado de Hidrólisis, como un indicador clave de la eficacia. (Benítez et al., 2008; Shan et al., 2013).

Las enzimas proclíticas tales como papaína, bromelina, cucumisina y ficina, son enzimas extraídas de las frutas tropicales, facilitando el Hidrólisis de proteínas de los animales, incluyendo el nivel marino como tilapias, por lo tanto, mejora los beneficios tecnológicos y mejoran la textura de los organismos (Fejoo-Siota y Villa, 2011); Sullivan y Calkins, 2010).

El Hidrólisis enzimático permite valorizar las negatividades del perfil nutricional a diferentes métodos químicos permite valorizar en la industria pesquera los residuos, tales como piel, espinas, viseras, cabezas (Cecopesca, 2012). Este enfoque enzimático permite la selectividad, valor nutricional suavidad del proceso, los cuales presentan al 60% del volumen productivo, este proceso tiende a general productos de alto valor, lo que ayuda a promover la economía circular del impacto ambiental (Cardoza et al., 2021).

La inclusión de hidrolizado de pescado en las dietas acuícolas ayuda al mejoramiento tales como el crecimiento, ganancia de peso, eficiencia alimenticia y reduce la mortalidad de peces y ayuda a la digestibilidad (He et al., 2013). Esto se da con el fin de definir el nivel óptimo de inclusión en función de la especie, en cuanto sus estadios de desarrollo y condiciones de cultivo.

El uso de los hidrolizados de pescado en la parte nutricional no solo ayuda a mejorar los parámetros zootécnicos, también ayuda a dar una estrategia sostenible a la creciente de demanda, usando la papaína de papaya permite descomponer las proteínas en péptidos más pequeños, este proceso puede impactar positivamente en los parámetros zootécnicos (Zavareze, 2014).

### **6.13. Papaína de papaya en la alimentación acuícola**

La papaína es una enzima proteica que se extrae del látex de la papaya (*Carica papaya*) esta es una de las enzimas más conocida por su alta capacidad de descomponer proteínas en péptidos y aminoácidos más pequeños, siendo una de las características muy particular al ser útil para el uso de formulaciones de alimentos para la acuicultura, actuando como un aditivo digestivo, mejorando eficiencia de nutrientes para peces (Santiago et al., 2022).

La papaína desde el punto inmunológico, potencia las actividades antioxidantes de los peces, dando un incremento en la acción de enzimas tales como el superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y catalasa, por lo tanto, esta es una acción que ayuda a reducir el estrés oxidativo mejorando la resistencia a enfermedades, como la *Aeromonas hydrophila* (Manaf et al., 2021).

En otros estudios la papaína permite la mejora de digestión en cuanto a fuentes proteicas que son como una alternativa a la Harina de pescado, Harina vegetales y subproductos agrícolas, reduciendo de tan manera altos costos

alimentación y presión de recursos pesqueros (El-Sayed, 2020). Su extracción proviene principalmente de la manera tradicional haciéndole una incisión del fruto verde o inmaduro, recolectando el látex que pasa por un proceso de secado y se purifica (Monteiro et al., 2022).

## **7. MARCO METODOLÓGICO**

### **7.1. Enfoque de la investigación**

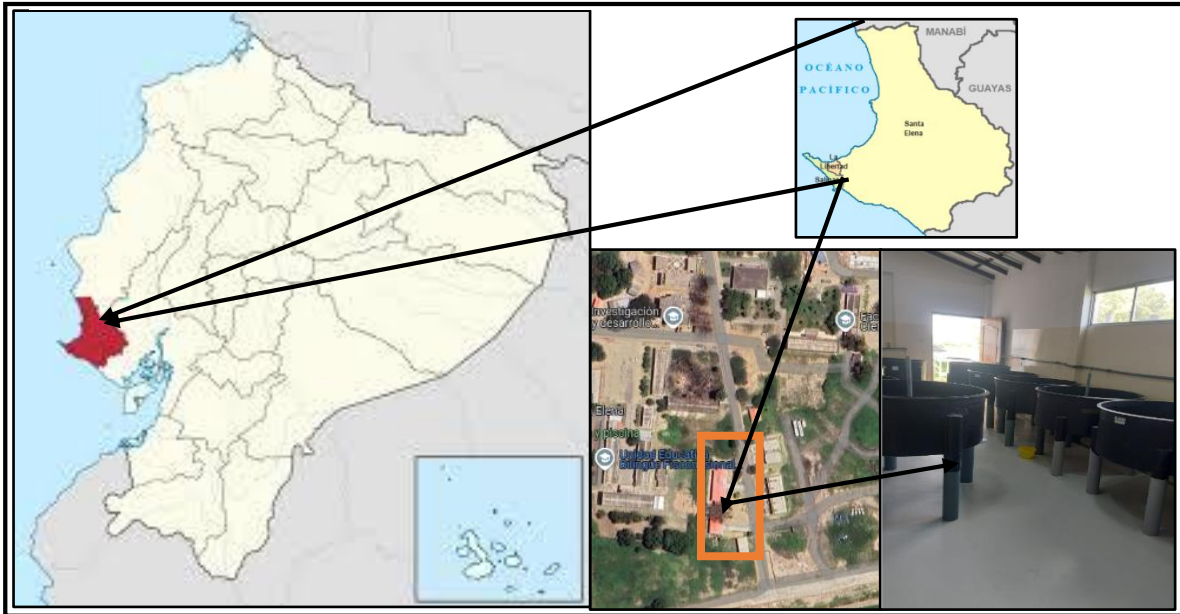
El presente trabajo de investigación es de tipo cuantitativa experimental, en el que se realizó la evaluación de los diferentes tipos de formulaciones dietéticas en juveniles de *Oreochomis sp*, utilizando una dieta control como el alimento comercial, y 3 dietas experimentales elaboradas a base de hidrolizado de pescado con papaína y alimento comercial, determinando el crecimiento, supervivencia y salud de los peces, bajo condiciones controladas de laboratorio.

### **7.2. Ubicación geográfica del área de estudio**

El presente estudio se llevó a cabo en la Facultad Ciencias del Mar de la carrera de Biología, en el Laboratorio de Acuicultura, Universidad Estatal Península de Santa Elena-UPSE-Ecuador (Figura 5). Geográficamente, encontrándose en las siguientes coordenadas: Latitud: 2°13'08.7" S Longitud: 80°54'20.1" W. Esta área se describe como un espacio de cultivo cerrada de alrededor de 40m<sup>2</sup>, lo que facilita el desarrollo de investigaciones en condiciones óptimas para el cultivo de especies marinas y de agua dulce. Su infraestructura permitió realizar estudios experimentales bajo parámetros controlados, garantizando la precisión y validez de los resultados obtenidos.

Figura 5.

Localización del área de estudio. Laboratorio de acuicultura UPSE. Santa Elena-Ecuador



**Nota:** La imagen fue extraída de Google, Earth, mostrando el área de estudio 2025.

El trabajo experimental consistió en 2 fases, la primera fase se trata en la elaboración de hidrolizado de pescado y la segunda fase, es en la aplicación de este en la dieta de juveniles de *Oreochromis sp.*

### 7.3. Preparación de hidrolizado con papaína

Para obtener el hidrolizado de pescado se utilizó la metodología de López-Benito y Sampedro (1977), en la cual se sometió el músculo y el 95 % del subproducto total del pescado a un proceso de hidrólisis enzimática utilizando papaína extraída de papaya (Figura 7). La mezcla se agitó en una estufa marca BOECO a una temperatura constante de 65 °C durante un periodo de 1 a 2 horas, hasta obtener una pasta homogénea.

Para la preparación del hidrolizado, se utilizó una proporción de 4:1, es decir, 400 ml de agua destilada por cada 100 g de pescado, mezclándose hasta conseguir una pasta homogénea.

Para la disolución de la papaína, se usaron 30 ml de agua destilada para disolver cada gramo de enzima, luego se extrajeron 30 ml del pescado triturado y se adicionaron a la mezcla de papaína disuelta, en proporciones variables (2, 4 y 6 ml de papaína por cada 500 g de pescado).

El pH del medio se ajustó con ácido cítrico para optimizar la actividad enzimática, manteniéndose entre 7.2 y 7.6. Para el ajuste del pH, se utilizó un medidor digital de pH y se adicionaron 1.3 litros de regulador por cada 100 m<sup>3</sup> de agua para reducir el pH en 0.2 unidades, con monitoreo diario.

Durante el proceso de hidrólisis, la temperatura se controló con un termómetro de mercurio, elevándose hasta 80 °C para luego mantenerse en ese nivel durante 10 minutos, con el fin de inactivar la acción enzimática de la papaína y evitar una hidrólisis excesiva.

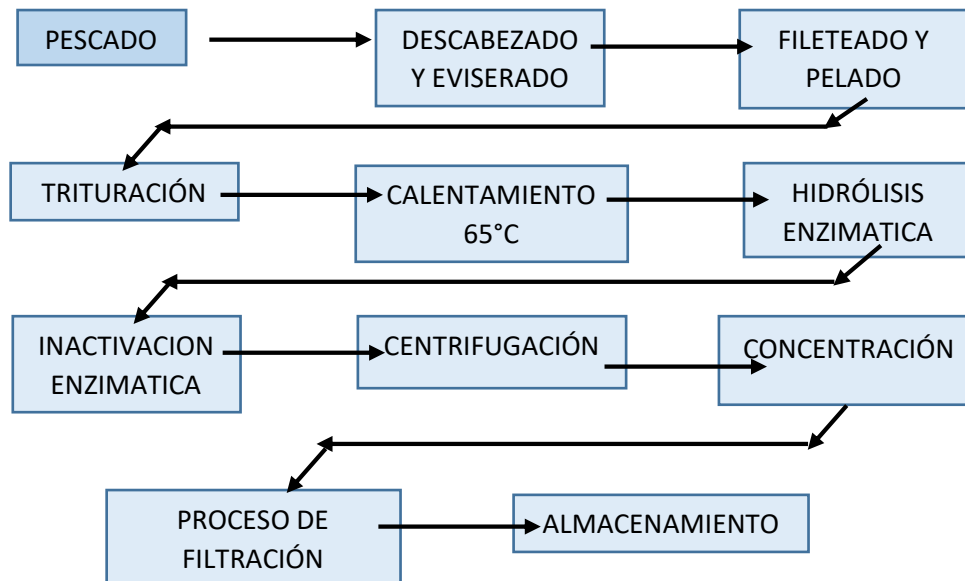
Posteriormente, se realizó la primera centrifugación a 4000 rpm durante 30 minutos para separar la fase oleosa de los residuos sólidos de proteínas no

hidrolizadas. El líquido amarillento obtenido fue sometido a una segunda centrifugación a 9000 rpm durante 15 minutos para eliminar los restos de grasas. Finalmente, el concentrado se mantuvo a 60 °C durante 3 horas.

Transcurrido este tiempo, el concentrado fue filtrado mediante papel filtro de 5 µm durante 30 minutos a temperatura ambiente, con el propósito de eliminar partículas sólidas y obtener una mayor purificación. Para su almacenamiento, el hidrolizado de pescado se colocó en recipientes herméticos y se mantuvo a 8 °C durante 6 días para conservar su calidad (Figura 6).

**Figura 6.**

*Esquema de elaboración de hidrolizado de pescado por método enzimático.*



**Nota:** Esquema del proceso de obtención del hidrolizado de pescado a partir de albacora (*Thunnus albacares*)

#### **7.4. Análisis proximal**

Una vez obtenido el hidrolizado de pescado con las diferentes concentraciones de papaína (2,4 y 6 ml) se enviaron las muestras por duplicado a un laboratorio certificado para el análisis proximal, para determinar las formulaciones más nutritivas. Se seleccionaron las dos mejores opciones basándose en un mayor contenido de proteína cruda, indispensable para el crecimiento de los juveniles de *Oreochromis sp*, y un menor contenido de grasa residual, evitando acumulaciones no deseadas. Estas formulaciones fueron incorporadas al alimento comercial con los diferentes nutrientes tales como, humedad 12%, proteína 32%, grasas 3%, fibras 8%, ceniza 11%, optimizando la dieta experimental y garantizando mejores resultados nutricionales.

#### **7.5. Diseño Experimental**

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), siendo los ejemplares y tratamientos distribuidos al azar. La población de estudio estuvo compuesta por 300 individuos juveniles de *Oreochromis sp.*, con una densidad de siembra de 0.1 organismos por litro (equivalente a 25 peces por tanque de 250 litros). Estos peces fueron distribuidos en 9 tanques experimentales, asignados de manera aleatoria con 25 organismos cada uno. Se establecieron tres tratamientos, cada uno con dos réplicas, para evaluar diferentes dietas formuladas bajo condiciones controladas. Esta distribución experimental permitió analizar de manera efectiva las respuestas



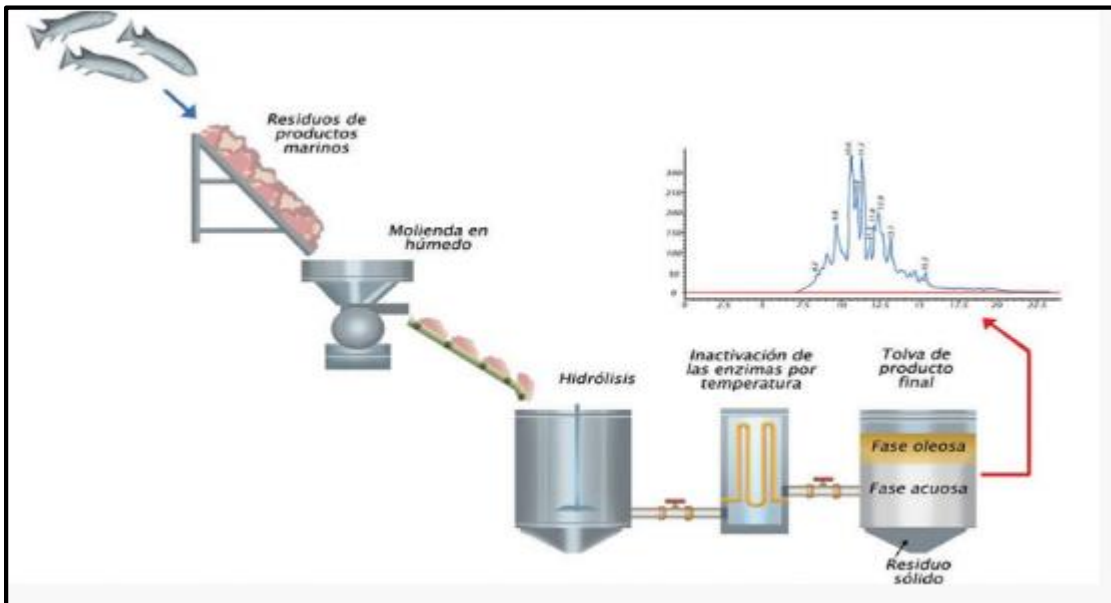
a los tratamientos, asegurando la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos (Figura 8)..

### 7.5.1. Tratamientos

1. Tratamiento control ( $T_0$ ): Alimentación comercial sin hidrolizado.
2. Tratamiento 1 ( $T_1$ ) alimento comercial + hidrolizado (proteína 1).
3. Tratamiento 2 ( $T_2$ ) alimento comercial + hidrolizado (proteína 2).

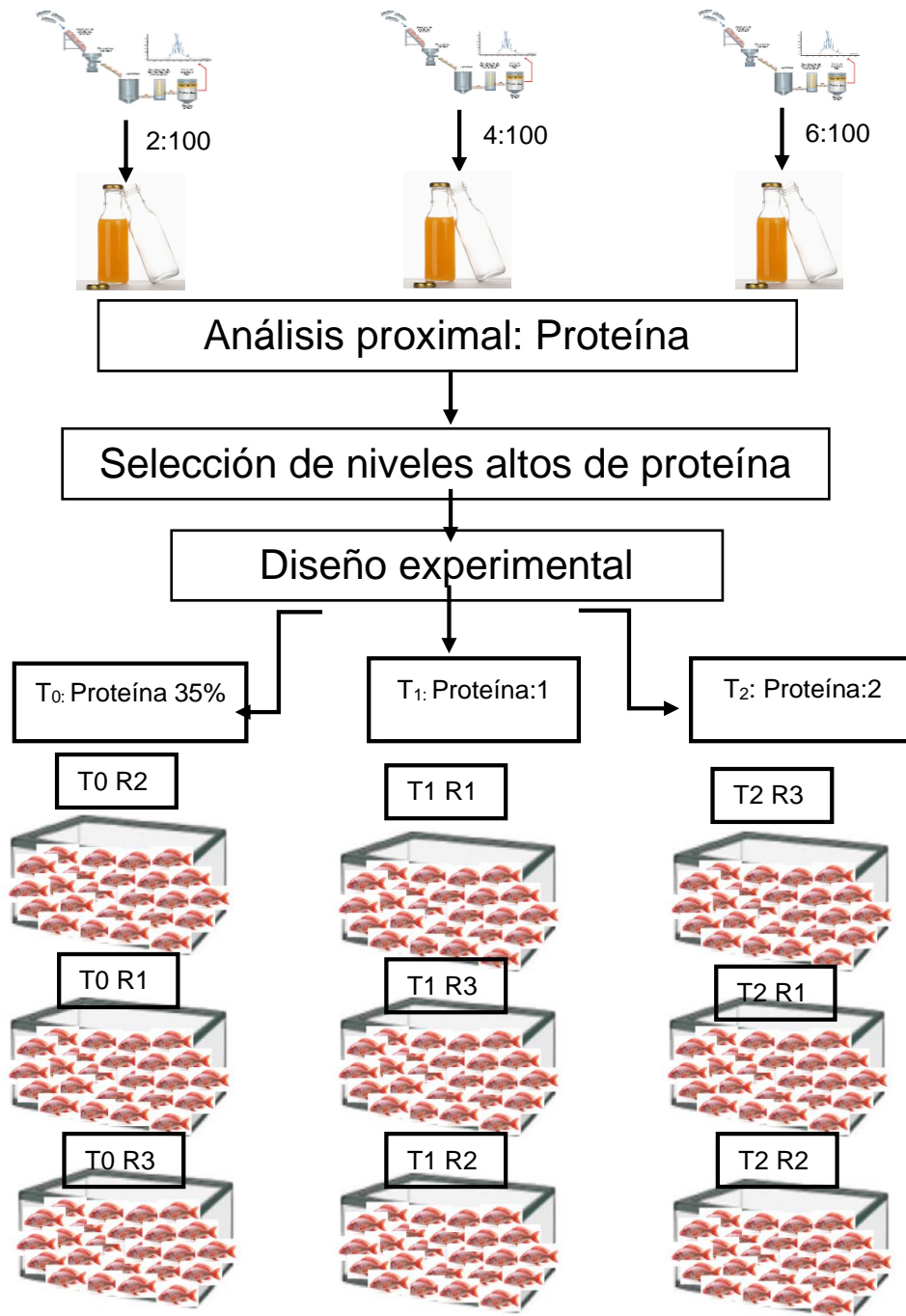
**Figura 7.**

*Elaboración grafica de hidrolizado de pescado-método enzimático*



**Nota:** Imagen que muestra el proceso de elaboración del hidrolizado de pescado mediante el método enzimático.

**Figura 8.**  
Esquema de distribución de tratamientos y dosificación de alimento



Nota: Diseño experimental de dietas a base de hidrolizado de pescado en diferentes dosificaciones de papaína de papaya para juveniles de *Oreochromis sp.*

## **7.6. Alimentación y manejo de los peces:**

Se realizaron muestreos biométricos para determinar el peso de los organismos mediante la balanza digital (BOECO) y la talla mediante calibrador Vernier. Para determinar el alimento suministrado, se utilizó el porcentaje de alimentación en función de la biomasa de los tanques. Los tanques tenían una capacidad de 300 L, con peces que pesaban entre 9 y 10 g. El alimento balanceado comercial se suministró en una cantidad de 11 g/día, dividido en 3 raciones diarias, con una frecuencia de alimentación cada 4 horas durante un periodo de 3 meses.

Los parámetros de calidad de agua fueron monitoreados diariamente, registrando temperatura, amonio, oxígeno disuelto y pH, utilizando un multiparámetro fijo o de mesa para garantizar condiciones óptimas. Además, se realizaron recambios parciales de agua cada 4 días, donde se reemplazó el 50 % del volumen del tanque para controlar la turbidez observada durante el periodo. Se realizó un seguimiento detallado del crecimiento de los peces a lo largo del tiempo de evaluación.

## **7.7. Análisis de datos**

Para la determinación de los parámetros de rendimiento productivo, se calcularon los siguientes indicadores: ganancia de peso (WG), factor de conversión

alimenticia (FCA), tasa de eficiencia de crecimiento (TEC), supervivencia (%) y mortalidad (%), utilizando sus respectivas fórmulas.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el programa RStudio. Se evaluó la normalidad de los datos con la prueba de Shapiro-Wilk. En los casos donde los datos no presentaron distribución normal ( $p < 0.05$ ), se utilizaron pruebas no paramétricas como el test de Kruskal-Wallis seguido de pruebas post hoc de Dunn para comparar tratamientos. En caso de que los datos fueran normales, se aplicaron ANOVA de una vía, seguido de la prueba de Tukey para detectar diferencias significativas entre medias ( $p < 0.05$ ).

#### **7.7.1. Factor de conversión alimenticia, (FCA)**

Para evaluar factor de conversión alimenticia fue necesario determinar el peso en gramos del alimento balanceado suministrado a lo largo del proceso de experimentación, para la estimación de la ganancia en peso corporal. Este análisis permitió conocer el efecto del hidrolizado de papaína en la digestibilidad y asimilación de nutrientes, para la evaluación de la tasa de crecimiento de *Oreochromis sp* en comparación con el suministro del alimento convencional.

$$FCA = \frac{\textit{Alimento suministrado}}{\textit{Biomasa final}}$$

### 7.7.2. Tasa específica de crecimiento (TEC)

Mediante esta fórmula se determinó el crecimiento diario de los juveniles de tilapia roja en porcentaje, considerando el peso inicial y final, tras un periodo de 84 días permitiendo evaluar el crecimiento de los peces alimentados con dietas que contienen el hidrolizado.

$$SGR = \frac{\ln(\text{Peso final}) - \ln(\text{Peso inicial})}{\text{Días de cultivo}} \times 100$$

### 7.7.3. Supervivencia

Para calcular la supervivencia, se indicó el porcentaje de los juveniles que sobrevivieron con la dieta formulada, durante 84 días.

$$\text{Supervivencia}(\%) = \left( \frac{\text{Densidad final}}{\text{Numero inicial de peces}} \right) \times 100$$

### 7.7.4. Mortalidad

$$TM = \left( \frac{\text{Numero de individuos muertos}}{\text{poblacion total}} \right) \times 100$$

## 8. RESULTADOS

### 8.1. Hidrolizado de pescado bajo diferentes dosificaciones de papaína

La inclusión de hidrolizado de pescado con papaína de papaya que se proporcionó a cada una de las dietas experimentales para juveniles de *Oreochromis sp.* durante 12 semanas presentó efecto significativo en cuanto parámetros zootécnicos, principalmente en ganancia de peso corporal y la talla total. Las dietas suplementadas con hidrolizado que se suministraron a los T1 y T2 mostrando incrementos progresivos en ambos parámetros en comparación al grupo control, siendo el T2 con mayor porcentaje de hidrolizado el más efectivo.

La utilización de la enzima de papaya en el presente estudio demostró que la inclusión de papaína en la elaboración del hidrolizado de pescado proporcionado en las diferentes dietas experimentales generó un efecto positivo en cuanto la calidad nutricional del alimento suministrado a juveniles de *Oreochromis sp.* Las dietas con hidrolizado de pescado con papaína en el (T1 y T2) mostraron resultados notables aumentando la proteína cruda comparándola con la dieta control (T0), que no se le adicionó el aditivo.

Las dietas con la inclusión de papaína utilizado durante el proceso de hidrólisis reflejaron en las 12 semanas una mayor eficiencia Incrementando el nivel proteico dando una ligera disminución en el contenido de grasa y humedad en las dietas tratadas, lo que indica una mejora en la concentración del producto y digestibilidad. El hidrolizado de pescado con diferentes dosificaciones (4% y 6% de

papaína de papaya) fue elaborado cada 6 días durante 90 días de experimentación, debido a que empezaba a deteriorarse estando aun así en refrigeración, la razón de que pasa esto es que el pescado posee principalmente una alta carga microbiana, siendo un alimento perecedero, por tanto, el hidrolizado no se usa por más de 6 días por falta de conservantes, por lo que se comienza descomponerse y a fermentarse, dando el crecimiento de bacterias y hongos. Por lo tanto, si no se ejecutan los respectivos métodos de conservación tales como pasteurizar, congelar, bajar niveles de pH, o añadir conservantes, el hidrolizado no se mantendrá por mucho tiempo.

## **8.2. Valor nutricional del hidrolizado de pescado**

Para el análisis bromatológico se evaluaron las 3 dietas (T0, T1 y T2) evidenciando diferencias significativas en los valores de proteína cruda, grasas, humedad y carbohidratos, en el hidrolizado de pescado con diferentes concentraciones de papaína (Tabla 4).

**Tabla 4.**

Análisis bromatológico del hidrolizado de pescado con inclusión de papaína de papaya

Parámetros (%)	Alimento Comercial (T0)	Alimento + 4 ml papaína/100 g (T1)	Alimento + 6 ml papaína/100 g (T2)	Método referencial
Carbohidratos	42.8	41.7	38.1	Cálculo*
Proteínas	32.1	36.3±2.50	41.1±2.60	AOAC 920.87 *
Humedad	10.5	9.7±0.83	9.2±0.86	AOAC 925.10*
Grasas	3.2	1.5±0.15	1.4±0.15	AOAC 920.39 *
Cenizas	11.4	10.8±0.33	10.2±0.33	AOAC 920.153*

**Nota:** Análisis bromatológico comparativo del hidrolizado de pescado con diferentes concentraciones de papaína, mostrando variaciones en carbohidratos, proteínas, humedad, grasas y cenizas.

Para la dieta control (T0), compuesta únicamente por alimento comercial, se reportó un valor promedio de 32.1% de proteína cruda, 3.2% de grasa, 10.5% de humedad y 11.4% de cenizas. El T1(hidrolizado de pescado con inclusión de 4 ml de papaína/100 g) alcanzó valores de 36.3 % de proteína cruda, lo cual representa un incremento del 4.2 % con respecto al control. Además, presentó 1.5% de grasa, 9.7% de humedad y 10.8% de cenizas. El T2, que empleó 6 ml de papaína/100 g, obtuvo el mayor contenido proteico indicando un valor promedio de 41,1% de proteína cruda, 1.4 % de grasa, 9.2% de humedad y 10.2% de cenizas. Indicando que a mayor dosis de papaína mayor será el incremento de la eficiencia del hidrolizado, permitiendo una mayor liberación de péptidos y aminoácidos.



### **8.3. Parámetros zootécnicos**

#### **8.3.1. Crecimiento (relación peso-talla)**

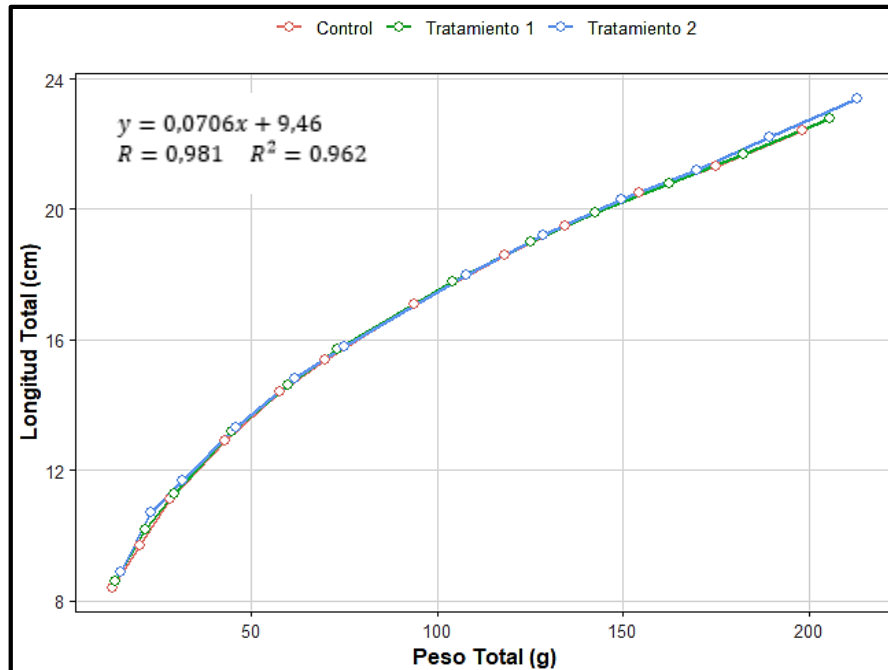
El crecimiento de los peces presentó que mayor calidad nutricional fueron las dietas con hidrolizado, resultado del análisis bromatológico, en el incremento del contenido de proteína cruda.

El aumento en la tasa de crecimiento y la ganancia en talla sugieren una mejor conversión alimenticia y una posible mejora en la digestibilidad de las dietas enriquecidas con hidrolizado. Estos resultados coinciden con estudios previos que han reportado que los hidrolizados proteicos mejoran la palatabilidad del alimento, estimulan el apetito y favorecen el rendimiento productivo en tilapia y otras especies acuícolas.

Durante las 12 semanas de evaluación, se observó que en los tres tratamientos los peces mostraron un incremento en la longitud total (cm) a medida que aumentaba el peso corporal (g). Si bien esta tendencia sugiere una relación directa entre peso y talla, no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, lo cual puede estar relacionado con el corto periodo de evaluación y la cantidad limitada de datos. Por ello, no es posible establecer un modelo de crecimiento definido, pero sí se puede destacar un patrón general de aumento proporcional entre ambos parámetros (Figura 9).

**Figura 9.**

Relación Peso-Longitud comparación de tratamientos experimentales de *Oreochromis sp.*



**Nota:** Peso-Talla total acumulado semanal por tratamiento durante 12 semanas en el experimento con *Oreochromis sp.*

Al concluir el experimento, el T2 alcanzó un peso promedio de 213.12 g con una talla de 23.4 cm, superando al grupo control con valores de 198.42 g y 22.4 cm, de la misma forma, al T1 con valores de 205.79 g y 22.8 cm; esto favorece al T2 siendo el tratamiento más eficiente con una mejor conversión en biomasa.

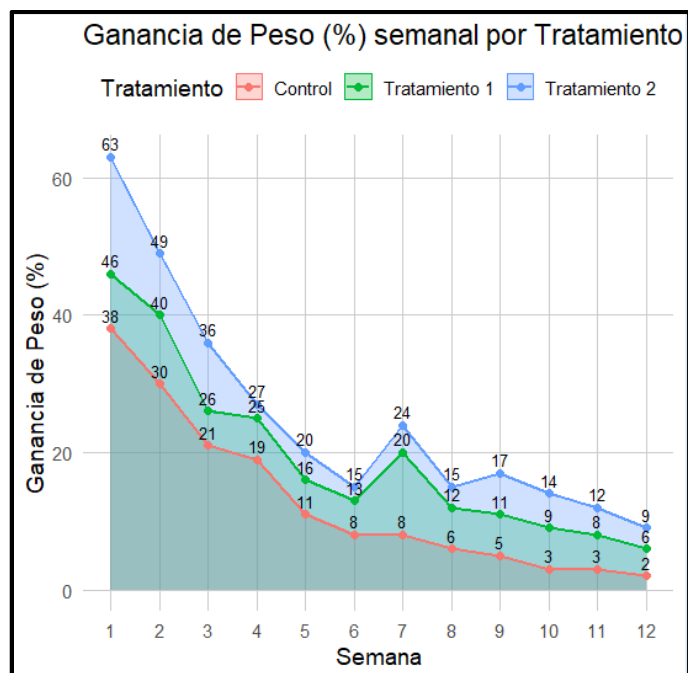
En conjunto, la curva de crecimiento relación peso-talla en el T2 mostró una relación directamente proporcional expresando que conforme aumenta en talla aumenta en peso, logrando un efecto positivo, reflejando que ambos tratamientos favorecieron un crecimiento más acelerado que el grupo control.

### **8.3.2. Ganancia de peso (WG)**

En la Figura 10 se refleja la ganancia de peso con una temporalidad semanal de peces alimentados con tres tratamientos diferentes en un lapso de 12 semanas. En la que se observa que los tratamientos presentaron una variabilidad progresiva en la tasa de ganancia de peso a medida que avanza el tiempo, por lo tanto, existen diferencias entre los tratamientos. En el T2 el cual consiste en alimento comercial suplementado con hidrolizado de pescado con papaína al 6%, a diferencia de grupo control, presentó la mayor ganancia de peso en todas las semanas comenzando en la semana 1 con un 63% hasta final de la semana 12 con un 9%. De la misma manera, el T1 superó al T0 con una ganancia de peso del 38% en la semana 1 descendiendo a un 2% en la semana 12.

Una observación importante se registró en la semana 7 donde los T1 y T2 presentaron ganancias notables de peso con un 20% y 24%, mientras que el grupo control se mantiene constante a un 8%, por tanto, sugiere una mejora en la asimilación del suplemento en esa etapa del crecimiento. Indicando que la inclusión de hidrolizado de pescado con papaína de papaya mejora significativamente el crecimiento de los peces. Por tanto, el T1 y T2 expresan diferencia respecto al grupo control.

Figura 10.  
Ganancia de Peso por tratamiento



**Nota:** Ganancia de peso semanal (%) de *Oreochromis sp.* en los diferentes tratamientos durante 12 semanas, mostrando mayor crecimiento en los tratamientos con papaína.

### 8.3.3. Análisis estadístico de ganancia de peso

Para el análisis estadístico, se evaluó la normalidad de los datos de ganancia de peso (WG), con la prueba de Shapiro-Wilk, obteniendo como valor de  $W=0.88677$  y  $p$  con un valor de  $0.001513$ . Por tanto, este al ser valor inferior que, al nivel de significancia de  $0.05$ , concluimos que los datos no representan una distribución normal.

Dado que no cumple con la prueba de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, con el fin de determinar diferencias significativas entre los tratamientos. El cual resultó significativo de  $p$  valor de  $0.04426$ , indicando

en la estadística que si hay una diferencia significativa en la ganancia de peso en al menos uno de los tratamientos.

Se realizó comparaciones múltiples con la prueba de Dunn, con Bonferroni, para ajustar los valores de p con el fin de prevenir errores en las comparaciones múltiples (Tabla 5).

**Tabla 5.**  
*Comparación por tratamientos con prueba de Dunn-Bonferroni*

<b>Comparación</b>	<b>Estadístico Z</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
<b>Tratamiento 1 Vs control</b>	-1,54	0,1848	NS
<b>Tratamiento 2 Vs control</b>	-2,47	0,0202	S
<b>Tratamiento 2 Vs Tratamiento 1</b>	-0,93	0,5281	NS

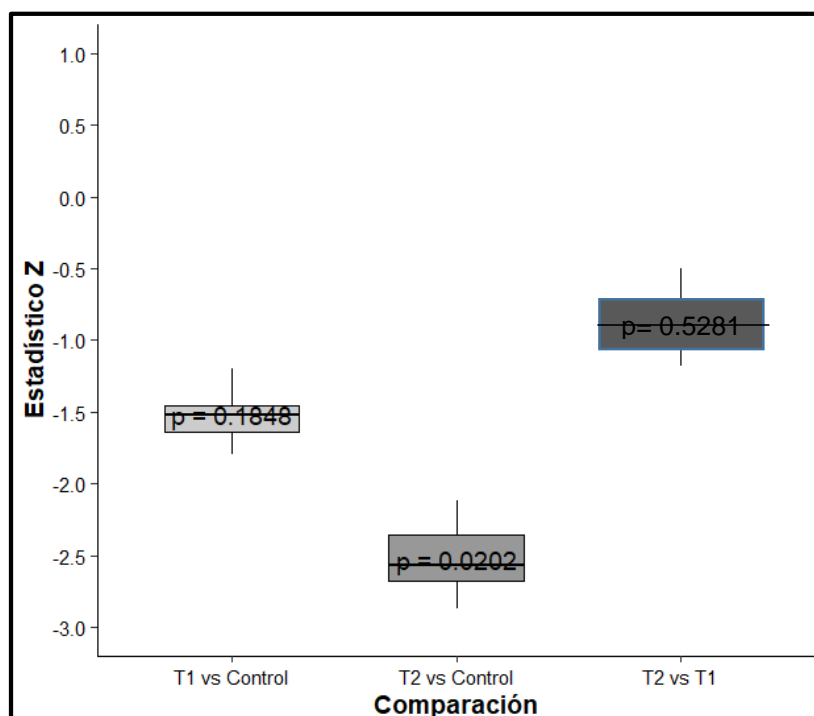
**Nota:** Prueba de Dunn-Bonferroni que muestra diferencias significativas solo entre Tratamiento 2 y control ( $p = 0.0202$ ), mientras que las demás comparaciones no son significativas.

Al aplicar la prueba de Dunn (Figura 11), presento una diferencia significativa entre el T2 y T0, presentando un valor de p ajustado de 0.0202, corroborando que el T2 tuvo un efecto positivo en cuanto ganancia de peso en comparación con el grupo control que no hubo diferencia significativa.

En cuanto a la comparación con el T1 con grupo control, dado que se observó una diferencia media de -1.5414, no resultó tener una diferencia significativa obteniendo un valor de p-ajustado de 0.1848. Por tanto, no se encontraron diferencias entre la comparación del T1 y T2, donde el valor de diferencia fue mínimo de -0.930640 y un valor de p ajustado de 0.581 donde supero el umbral de significancia

Por otro lado, los datos que se obtuvieron, si bien en ambos tratamientos, tienden a mejorar la ganancia de peso frente al control, solo que el T2 mostró una mejor significancia, destacando su efectividad en comparación con una dieta sin suplemento.

**Figura 11.**  
*Comparación de tratamientos como prueba de Dunn-Bonferroni*



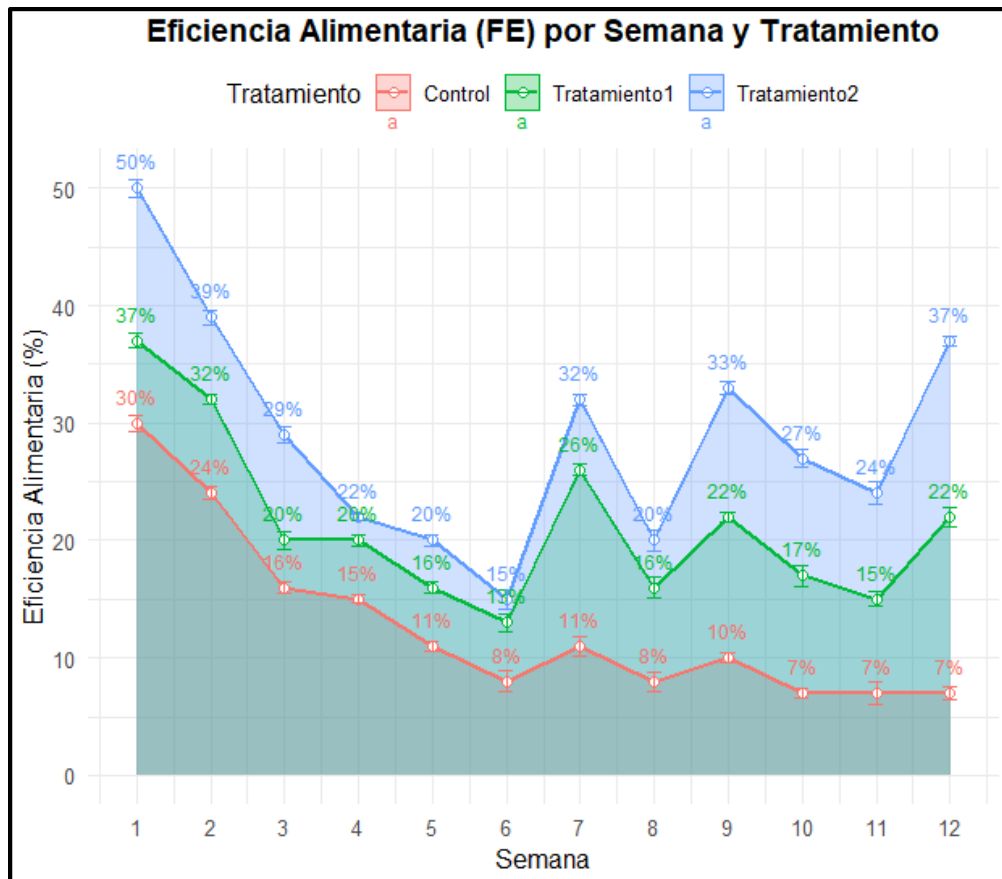
**Nota:** Análisis estadístico de comparación entre tratamientos mediante la prueba de Dunn-Bonferroni, destacando diferencias significativas entre Tratamiento 2 y control.

#### 8.3.4. Eficiencia alimentaria

Para el análisis estadístico de eficiencia alimentaria (Figura 12), se aplicaron las pruebas para determinar si existen diferencias significativas en los tratamientos

evaluados, para aquellos se verifico la prueba de normalidad de los datos usando Shapiro-Wilk, donde nos dio un p-valor de 0.0977, indicándonos que si presenta una distribución normal a  $p > 0.05$ , determinado el uso de pruebas paramétricas.

**Figura 12.**  
Eficiencia alimentaria evaluadas por semana y tratamiento



**Nota:** Porcentaje semanal de eficiencia alimentaria (FE) en *Oreochromis sp.*, mostrando mejores valores en los tratamientos con papaína.

Posteriormente, se realizó el análisis de varianza ANOVA revelando diferencias significativas entre los tratamientos dando como p-valor de 0.000154. Se aplicó la prueba de Post hoc-Tukey HSD, permitiendo comparar la eficiencia alimentaria entre los grupos

Para los resultados de la prueba de Tukey (Tabla 6), mostraron que el T1 con 4% de papaína difiere significativamente las del grupo control dando un p-valor de 0.042, de igual manera el T2 con 6% de papaína, el cual se dio una elevada diferencia con el grupo control dando un valor de  $p=0.000093$ . Aunque el T2 mostró una gran tendencia por ser el más eficiente que el T1, la diferencia no alcanzó la significancia estadística dando un valor de  $p=0.072$ .

**Tabla 6.**

*Tabla de comparación de tratamiento por prueba de Tukey*

<b>Comparación</b>	<b>Diff</b>	<b>Lwr</b>	<b>Upr</b>	<b>p-adj</b>
<b>T1-Control</b>	8,6	0,26	16,74	0,042
<b>T2-Control</b>	16,17	7,92	24, 41	0,000093
<b>T2-T1</b>	7,67	-0,58	15,91	0,072

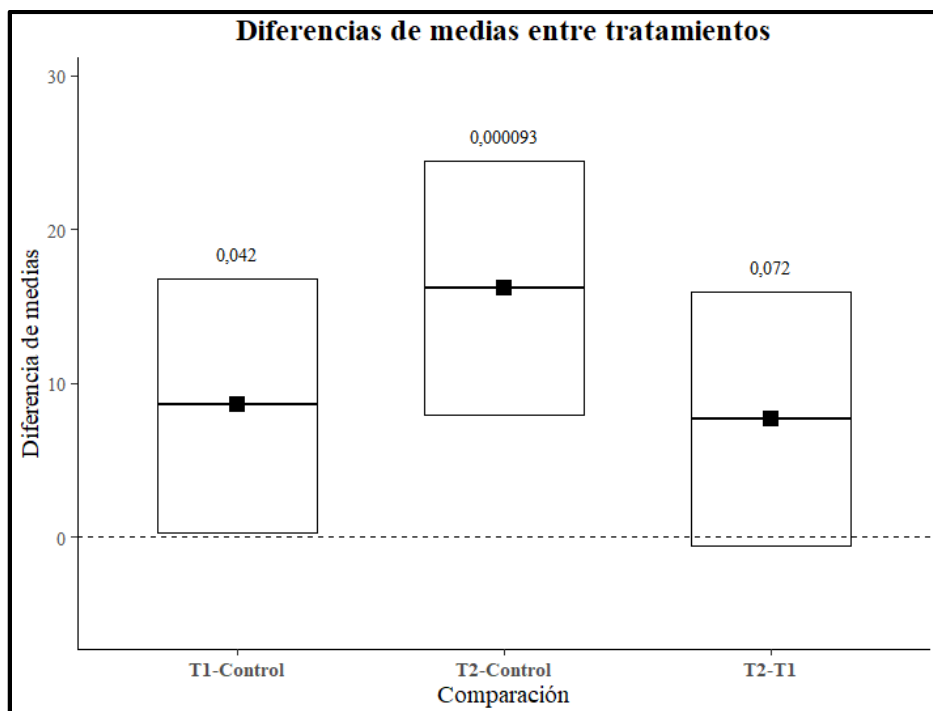
**Nota:** Comparación de tratamientos mediante prueba de Tukey, indicando diferencias significativas entre T1 y control ( $p = 0.042$ ) y entre T2 y control ( $p < 0.001$ ), sin diferencia significativa entre T2 y T1.

La diferencia de media entre tratamientos (Figura 13) registró un nivel de confianza de 95%, la comparación entre el T1 vs control, presentó diferencias significativas, indicando que el T1 tuvo un efecto mayor que el grupo control, lo largo de la experimentación, en cuanto la comparación entre el T2 vs grupo control, mostró una diferencia mayor con un valor de 16.17, indicando una alta diferencia significativa a favor del T2, sugiriendo que la mayor concentración del hidrolizado con papaína logra potenciar el aprovechamiento del alimento.



**Figura 13.**

Análisis de diferencia de medias de tratamientos mediante la prueba de Tukey.



**Nota:** Análisis de diferencia de medias entre tratamientos mediante la prueba de Tukey aplicado a la eficiencia alimentaria (FE) semanal de *Oreochromis sp.*, mostrando mejoras significativas en los tratamientos con papaína respecto al control.

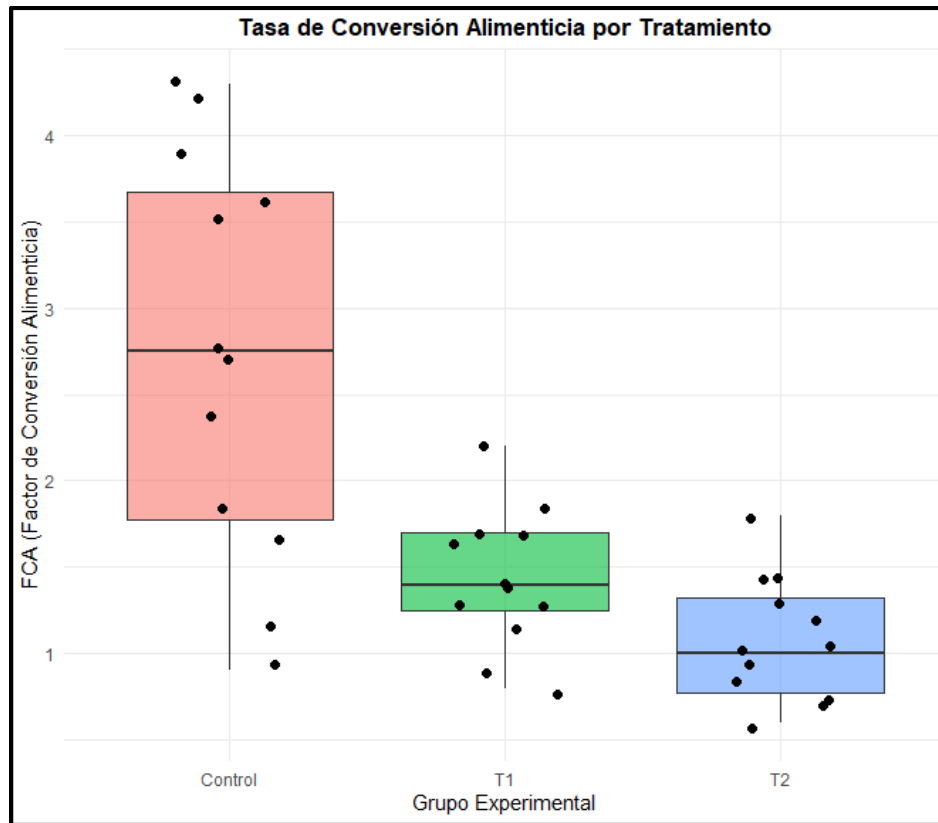
### 8.3.5. Factor de conversión alimenticia (FCA)

Para el factor de conversión alimenticia (Figura 14), se obtuvo una variación entre los distintos tratamientos, como indica el grupo control con una mayor dispersión de los datos, con valores que oscilan desde 0.9 a 4.3, por tanto dio una eficiencia alimenticia más baja de la variable en comparación con los tratamientos, dando un valor de la mediana de 2.95 evidenciando valores altos, dado que son característicos de tener un menor aprovechamiento del alimento que se suministró, en términos generales, el grupo control obtuvo una menor conversión alimenticia en cuanto su biomasa.

Por otro lado, el T1 presentó una mejora en la eficiencia alimentaria. Los valores del FCA se encontraron de manera más estrecha de 0.8 a 2.2, dando una mayor homogeneidad en el comportamiento de las unidades experimentales con este tratamiento. Por tanto, la mediana fue inferior al grupo control, posicionándose cerca de 1.5, dado que en la estadística no se notaron diferencias significativas respecto al control el valor de  $p$  ajustada fue de 0.0659 aclarando que se obtuvo una mejor tendencia en cuanto al factor de conversión.

En el T2 se mostraron resultados más favorables, la distribución de los datos fue de manera más uniforme y con una menor variabilidad, con valores de 0.6 a 1.8, con una mediana más baja entre los 3 grupos, cercana a 1.1, indicando una mejor eficiencia en la conversión de alimento en cuanto su biomasa. Siendo el tratamiento con una diferencia significativa en comparación con el grupo control con un valor de  $p$  ajustada de 0.0003, cabe mencionar que el aditivo aplicado en el T2 demostró de manera positiva el crecimiento de los peces.

**Figura 14.**  
Análisis distributivo del TCA por grupos experimentales



**Nota:** La Figura 14 muestra que los tratamientos mejoran la eficiencia alimentaria, con el Tratamiento 2 presentando la mejor tasa de conversión alimenticia (FCA) y menor variabilidad comparado con el control.

### 8.3.6. Análisis estadístico – factor de conversión alimenticia

En el análisis realizado en cuanto al factor de conversión alimenticia se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, (0.0001), luego se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para poder comparar el FCA entre los tratamientos. Los resultados indicaron un valor de p-valor de 0,00044, evidenciando que existe diferencia significativa en la tasa de conversión alimenticia entre el T2 vs T0, para aquello se realizó una prueba de análisis de Post Hoc, de Dunn con corrección de Bonferroni, para indicar que grupo presenta una diferencia significativa (Tabla 7).

**Tabla 7.**  
*Comparación entre tratamientos prueba de Post Hoc-Bonferroni.*

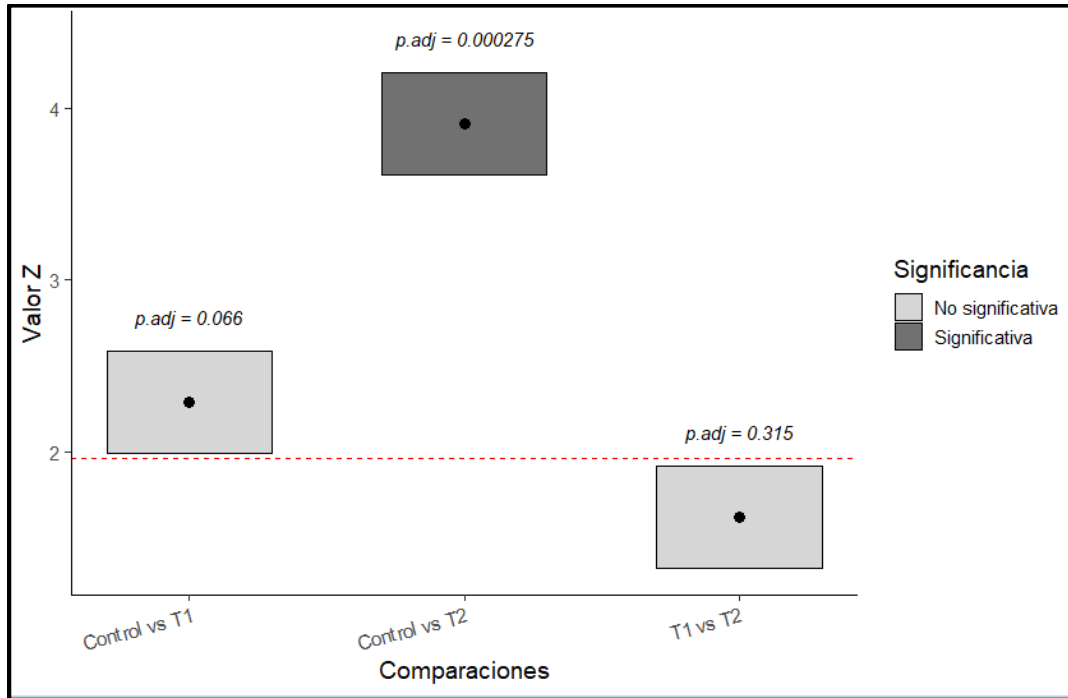
<b>Comparación</b>	<b>Estadístico Z</b>	<b>p-valor sin ajustar</b>	<b>p-valor ajustado</b>
<b>Tratamiento 1 vs control</b>	2,29	0,022	0,066
<b>Tratamiento 2 vs control</b>	3,91	0,00009	0,00027
<b>Tratamiento 2 vs Tratamiento 1</b>	1,62	0,105	0,315

Estos resultados mostraron diferencias significativas de FCA, entre el grupo control y el T2 dando un p-valor de 0.00027, afirmando que el T2 obtuvo una mejora significativa de la eficiencia alimentaria en comparación con grupo control. De la misma manera se observó una tendencia de la mejora en el T1 respecto al control dando un p-valor de 0.066, indicando que no alcanzo el nivel de significancia después de la corrección.

Estos análisis indican que la inclusión del aditivo alimentario en el T2 (Figura 15), se dio a conocer un efecto positivo y significativo del factor de conversión alimenticia, mientras que la inclusión del aditivo del T1 también mostró un efecto positivo, pero no de manera concluyente, siendo ambos tratamientos actuar de manera similar, por tanto, no se encontraron diferencias entre la comparación de los 2 tratamientos.

**Figura 15.**

Comparación de tratamientos con prueba de Dunn-Bonferroni-gráfica caja de bigote.



### 8.3.7. Tasa de supervivencia

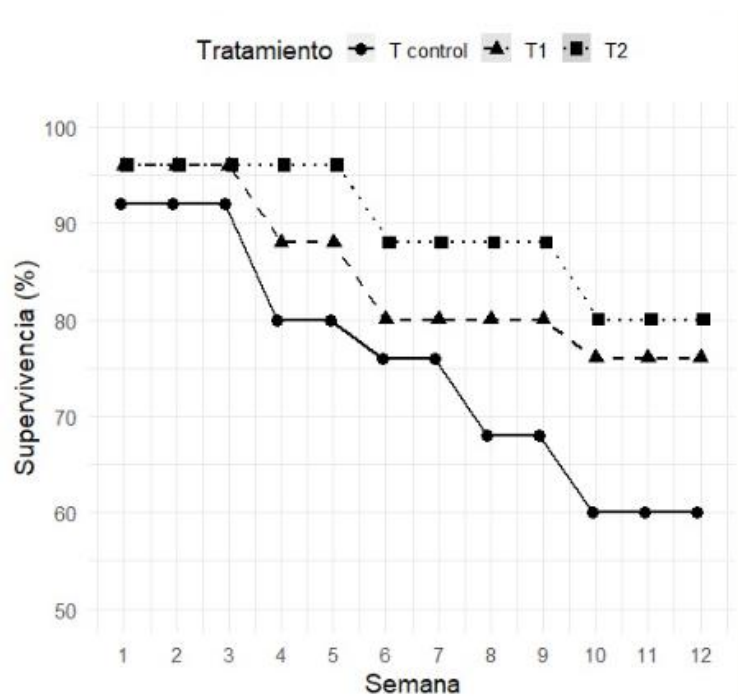
Al inicio de la semana de experimentación, el nivel de supervivencia durante el periodo de las 12 semanas, se determinó diferencias significativas en la tasa de supervivencia entre los tratamientos evaluados (Figura 16). El T2 en la semana 5 descendió levemente alcanzado un 80 % de supervivencia, indicando que hay un efecto positivo del hidrolizado sobre la salud y resistencia de los peces.

El T1 indico una supervivencia intermedia, comenzando con un 96% disminuyendo de manera progresiva hasta bajar en la semana 12 con un 76%, aunque si se mantuvo por encima del grupo control el cual tuvo un descenso a partir de la semana 6.

Finalmente, en el Tratamiento control, que fue la dieta sin el aditivo del hidrolizado, dio valores más bajos en la tasa de supervivencia. La reducción a lo largo del experimento partió del 92% y descendió hasta el 60% al finalizar semana 12. Esto indica que este tratamiento dio una menor capacidad adaptativa e inmunológica de los peces en cuanto su alimentación y dieta estándar.

**Figura 16.**

*Grafica de tabla de tasa de supervivencia por tratamiento.*



**Nota:** La tasa de supervivencia fue mayor en los tratamientos con hidrolizado (T1 y T2), manteniéndose sobre 76% y 80% respectivamente, mientras que el control mostró mayor mortalidad con una supervivencia final del 60%.

## 9. DISCUSIÓN

En el presente estudio se logró elaborar un hidrolizado de pescado mediante el uso de papaína de papaya en distintas concentraciones. La papaína demostró ser eficaz para la ruptura de enlaces peptídicos, generando un producto con alta disponibilidad de aminoácidos y péptidos de bajo peso molecular. Este resultado concuerda con lo reportado por Chalamaiah et al. (2012) y Shan et al. (2013), quienes señalaron que los hidrolizados enzimáticos mejoran el valor biológico y digestibilidad de las proteínas. Asimismo, Alberto (2016) evidenció un alto grado de hidrólisis al usar enzimas como pancreatina y pepsina, resultados que se alinean con la eficiencia observada en este estudio al utilizar papaína vegetal.

Sánchez – Alonso (2018) corroboraron que los peces toleran hidrolizados proteicos de una mejor manera que el consumo de dietas convencionales, dado que el presente estudio se usó al hidrolizado con papaína mostrando un consumo aceptable constante y de buena eficiencia, afirmando que el suplemento es aceptado por los peces, por tanto, no hubo rechazo sensorial ni hubo baja palatabilidad.

El hidrolizado de proteína de pescado (HPP) obtenidos del aprovechamiento eficiente de los residuos generaron en la industria pesquera a/o acuícola, altas

fuentes de Proteína corroborando que si hay mejora en su valor biológico y nutricional (Chalamaiah et al., 2012; Gutiérrez, 2013; Quinto y Colín., 2014).

Según, los resultados que obtuvo Alberto 2016, en su estudio con hidrolizado de pescado utilizando dos enzimas pepsina, pancreatina, presentando un alto valor de grado de Hidrólisis, dando un efecto significativo facilitando la ruptura de los enlaces peptídicos, en comparación con el presente estudio la papaína al ser una enzima vegetal, obtuvo niveles elevados de proteína en el Hidrólisis de pescado, de tal manera que la comparación con la papaína y la pancreatina presentaron alternativas funcionales frente a enzimas animales, indicando una alta efectividad, en el proceso de Hidrólisis de proteína de pescado.

Amaringo (2022) en su estudio sobre el efecto de la inclusión en la dieta de hidrolizado proteico de la especie *Pseudoplatystoma punctifer* indica que tuvo una eficiente tasa de conversión alimenticia, donde al final de su investigación obtuvo un valor de 1.80 para la semana 9, este valor se contrasta con los resultados obtenidos mediante esta investigación puesto que para dicha semana los resultados alcanzados fueron significativamente superiores en termino de conversión de alimento.



Goda (2007) afirma que la adición de papaína en dietas a base de harina de vegetales mejora la digestibilidad y el crecimiento de los peces, corroborando en el presente estudio que la inclusión de papaína de papaya en dietas con alimento comercial incrementa la eficiencia alimentaria y reduce el factor de conversión alimenticia.

De acuerdo al estudio de Nuñez (2022) establece que el hidrolizado de pescado sobre las dietas disminuye el valor nutricional del alimento, utilizando una dieta testigo y una dieta con hidrolizado de pescado, donde evaluó el nivel proteico de ambos sistemas de alimentación, evidenciándose mediante el análisis proximal que la dieta testigo contenía una mayor concentración porcentual que la dieta donde se incluyó el hidrolizado, esto valores contrastan significativamente con los obtenidos mediante el estudio bromatológico de esta investigación, puesto que en función a una mayor concentración del hidrolizado de pescado se obtuvo un mayor nivel de proteínas en el alimento.

Sin embargo, para la composición proximal de la ceniza en el balanceado, argumenta que esta fluctuó en función a la concentración de manera proporcionalmente inversa, siendo que a mayor concentración de hidrolizado disminuía el porcentaje de este parámetro, esta tendencia fue similar a las observadas durante este estudio, coincidiendo con los valores obtenidos tanto en escala porcentual como la dirección proporcional de concentración.

En un estudio realizado por Sánchez – Alonso (2018), donde usó el contenido de hidrolizado de pescado, mostró niveles muy favorables en cuanto su análisis bromatológico, corroborando la información del presente estudio que indica que el proceso de Hidrólisis con papaína mostró resultados nutricionales comparativos al de las enzimas industriales

Sin embargo Padilla (2016) reporta datos similares a los obtenidos por Núñez en los parámetros de proteína y ceniza, no obstante, también determinó el contenido lipídico (grasas), minerales y carbohidratos de sus dietas experimentales, donde en función a la incorporación del hidrolizado en carbohidratos y grasas estos aumentaron, mientras que en los resultados documentados mediante la composición proximal de esta investigación se logró visualizar valores que disminuían progresivamente en función a una mayor concentración. Por otra parte, la humedad fue un valor que incrementó de manera muy reducida en dicho estudio, mientras que los obtenidos de las dietas con hidrolizado de este trabajo se redujeron.

Rachamwati y Prihartono (2019) ejecuta un estudio sobre la suplementación de papaína de papaya con alimento mejorando la digestibilidad de la proteína, la tasa de crecimiento y la eficiencia proteica del bagre (*Pangasius hypophthalmus*) coincidiendo con el presente estudio donde se observó un incremento significativo

en el contenido de la proteína, corroborando que el uso de papaína potencia la digestión de proteínas y mejorando el perfil nutricional del hidrolizado de pescado.

Resultados presentados por Intek Aquaculture (2022) donde el tratamiento con papaína dio un ICA más bajo en cuanto a la comparación con otros tratamientos, donde el presente estudio evidenció que el uso de la papaína en el hidrolizado de pescado mejoró el aprovechamiento del alimento presentando valores más bajos de FCA, indicando una conversión más eficiente en cuanto el alimento en biomasa, esto corrobora que la papaína mejora la digestibilidad y una buena absorción de nutrientes.

De tal manera Hevroy (2005) y Foh (2011), observaron en sus estudios que los hidrolizados enzimáticos alcanzaron altos niveles de digestibilidad, afirmando en el presente estudio que el hidrolizado con papaína fue rápidamente asimilado por los peces, corroborando las mejoras en cuanto eficiencia alimenticia y conversión, respaldando con el estudio dado por Intek Aquaculture (2022), al demostrar que las mejoras nutricionales se traducen en mejores rendimientos productivos.

Yadav (2024), realizó un estudio basándose en la inclusión de papaína en dieta para *Labeo rohita*, donde obtuvo diferencias notables en el desarrollo corporal y en la eficiencia alimentaria, fortaleciendo el presente estudio donde se realizó la incorporación de hidrolizado de pescado con papaína en los tratamientos,

mostrando un alto crecimiento equivalente y sostenido, indicando que la tecnología enzimática es efectiva en distintas especies de peces, por tanto, existieron reducciones claras en el factor de conversión, reduciendo el desperdicio de alimento en tilapia, dando un mejor aprovechamiento de los nutrientes reforzando los valores de productividad.

Nitesh Kumar Yadav (2024) evaluaron la suplantación de la papaína, presentando un incremento en la actividad enzimática antioxidante en los peces, aunque en el presente estudio no se evaluó ni se midió marcadores antioxidantes, se obtuvo una elevada supervivencia y excelente respuesta de estrés, destacando que la capacidad que posee el hidrolizado es buena para la mejora de la salud y mejora la nutrición de los juveniles en general.

## 10. CONCLUSIONES

La elaboración del hidrolizado de pescado con diferentes concentraciones de papaína de papaya fue efectiva, permitiendo obtener un producto funcional con características adecuadas para su inclusión en dietas acuícolas. La papaína demostró ser una enzima vegetal eficiente para la hidrólisis de proteínas, aportando una alternativa viable a las enzimas convencionales en la formulación de suplementos nutricionales para peces.

Los análisis bromatológicos evidenciaron que las dietas con hidrolizado de pescado presentaron un mayor contenido proteico en comparación con el alimento comercial, junto con niveles adecuados de humedad, grasa, cenizas y carbohidratos. Estos resultados confirman el potencial del hidrolizado como un aditivo funcional que mejora la calidad nutricional de las dietas para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*).

Los tratamientos con inclusión de hidrolizado de pescado, especialmente el tratamiento T2, mostraron un mejor desempeño en los parámetros zootécnicos evaluados, como ganancia de peso, conversión alimenticia (FCA), eficiencia alimentaria y supervivencia. Esto indica que el uso del hidrolizado de pescado con papaína tiene un efecto positivo en el crecimiento y rendimiento de los peces, representando una estrategia eficiente y sostenible para mejorar la productividad en la acuicultura.

## **11.RECOMENDACIONES**

Evaluar el uso de diversas enzimas en la elaboración del hidrolizado de pescado que ayuden al mejoramiento de la digestibilidad y el perfil nutricional, favoreciendo la absorción y la degradación del alimento suministrado.

Realizar un estudio con concentraciones de papaína de papaya superiores a las establecidas en el diseño experimental para comprobar el efecto de la dieta sobre los parámetros de productividad.

Se recomienda, realizar un análisis de resistencia del hidrolizado de pescado bajo múltiples métodos térmicos, comprobando estabilidad y valores nutricionales sin afectar las propiedades peptídicas de la dieta.

## Bibliografía

- A. Chabeaud, L. V. (10 de MARZO de 2009). *scirp*. Obtenido de <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=226844>
- Adrián HonradoORCID, M. M. (19 de ENERO de 2024). Obtenido de <https://www.mdpi.com/2304-8158/13/19/3120>
- Agricultura, O. d. (21 de ABRIL de 2024). *FAO*. Obtenido de FAO: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/6f74aaed-0cb8-475e-899e-ad779815975c/content>
- ALAY, M. K. (11 de AGOSTO de 2013). *repositorio.ulead.edu.ec*. Obtenido de [repositorio.ulead.edu.ec](https://repositorio.ulead.edu.ec): <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/562/1/ULEAM-BLGO-0017.pdf>
- Alvarado Sánchez, C. A. (22 de MARZO de 2021). *repositorio.unfv*. Obtenido de [repositorio.unfv](https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4668/ALVARADO%20SANCHEZ%20%20CESAR%20AUGUSTO%20-%20TITULO%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1): <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/4668/ALVARADO%20SANCHEZ%20%20CESAR%20AUGUSTO%20-%20TITULO%20PROFESIONAL.pdf?sequence=1>
- Amri, E. (2 de AGOSTO de 2012). *Department of Science and Laboratory Technology*. Obtenido de [file:///C:/Users/Lapto/Downloads/Papain\\_a\\_plant\\_enzyme\\_of\\_biological\\_importance\\_A\\_r%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Lapto/Downloads/Papain_a_plant_enzyme_of_biological_importance_A_r%20(1).pdf)
- Baquero, D. C. (12 de SEPTIEMBRE de 2022). *mongabay*. Obtenido de <https://es.mongabay.com/2022/09/la-tilapia-es-una-especie-invasora-en-ecuador/>

- Brujel, R. (2002). Manejo alimentario para tilapia. En *Panorama acuícola* (págs. 3-4).
- Cachago, V. H. (21 de FEBRERO de 2019). *repositorio.utn.edu.ec*. Obtenido de [https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10789/2/03%20AGP%20278%20TRABAJO%20GRADO.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10789/2/03%20AGP%20278%20TRABAJO%20GRADO.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- Calderon, O. Y. (12 de FEBRERO de 2016). *Alimentación de tilapia en sistemas intensivos y semi-intensivos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/448658820/CARTILLA-TILAPIAS-Mildred-Yessenia-Calderon-Orellana-pdf>
- Castañeda, J. I. (15 de DICIEMBRE de 2015). *scielo*. Obtenido de scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v66n3/0120-2812-acag-66-03-00311.pdf>
- Chabeaud, A. V.-B. (2009). Biochemical and functional properties of protein hydrolysates from fish by-products. *Food Research International*, 344-352.
- Cortegano, C. A. (9 de OCTUBRE de 2022). *researchgate*. Obtenido de researchgate: [https://www.researchgate.net/publication/365311655\\_Efecto\\_de\\_la\\_inclusion\\_en\\_la\\_dieta\\_de\\_hidrolizado\\_proteico\\_de\\_pescado\\_sobre\\_el\\_crecimiento\\_corporal\\_y\\_composicion\\_proximal\\_del\\_musculo\\_de\\_doncella\\_Pseudoplatystoma\\_punctifer](https://www.researchgate.net/publication/365311655_Efecto_de_la_inclusion_en_la_dieta_de_hidrolizado_proteico_de_pescado_sobre_el_crecimiento_corporal_y_composicion_proximal_del_musculo_de_doncella_Pseudoplatystoma_punctifer)
- Das, S. e. (2021). Advances in Food and Nutrition Research. En *Advances in Food and Nutrition Research* (págs. 45-68). 102.
- FAO. (12 de AGOSTO de 1984). Obtenido de <https://www.fao.org/4/s7088s/S7088S03.htm>
- FAO. (12 de OCTUBRE de 2010). Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c3ffecd3-4a19-4ba9-9c9c-651d984719d7/content>



FAO. (22 de SEPTIEMBRE de 2016). Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/76e9c9ff-e96a-4757-8d64-06e7a9e8ee72/content>

FAO. (11 de AGOSTO de 2020). Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/170b89c1-7946-4f4d-914a-fc56e54769de/content>

FAO. (21 de ABRIL de 2022). Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/05dd1625-23c4-4030-a733-247b5a48b496/content>

FAO. (4 de OCTUBRE de 2023). Obtenido de <https://www.fao.org/fishery>

FAO. (14 de OCTUBRE de 2024). Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f985caed-cc7a-457e-8107-7ce16c6ef209/content>

FAO, & Silva, J. G. (20 de AGOSTO de 2014). *openknowledge*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2a6d7a95-0218-4b08-9d55-d9ecb0611349/content>

Forster, I. P., & Dominy, W. a. (15 de OCTUBRE de 2002). Obtenido de <https://www.scielo.br/j/rbz/a/fYcmhLfXJW7yhtZxkBLzwNh/>

Galvez, M. A. (21 de JULIO de 2022). *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/ad020s/AD020s06.htm>

García, J. P. (2019). Evaluación del uso de harina de insectos y harinas alternativas en dietas para tilapia. *Revista de Investigación Acuícola*, 55-64.

- González, F. (21 de MARZO de 2022). *pisciculturaglobal*. Obtenido de pisciculturaglobal:  
<https://www.pisciculturaglobal.com/hidrolizados-acuicultura/>
- Gopalraaj, J. (21 de JULIO de 2023). *researchgate*. Obtenido de researchgate:  
[https://www.researchgate.net/publication/372340907\\_The\\_effect\\_of\\_dietary\\_supplementation\\_of\\_proteases\\_on\\_growth\\_digestive\\_enzymes\\_oxidative\\_stress\\_and\\_intestinal\\_morphology\\_in\\_fishes\\_-\\_A\\_review](https://www.researchgate.net/publication/372340907_The_effect_of_dietary_supplementation_of_proteases_on_growth_digestive_enzymes_oxidative_stress_and_intestinal_morphology_in_fishes_-_A_review)
- Gutierrez, P. (2 de OCTUBRE de 2018). *Hidrólisis: concepto, proceso y tipos de este importante proceso químico*. Obtenido de <https://enciclopedia.com/hidrolisis-concepto-proceso-y-tipos-de-este-importante-proceso-quimico/>
- Junco, A. A. (2 de ABRIL de 2023). *dspace*. Obtenido de dspace:  
<https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14893/E-UTB-FACIAG-%20AGROP-000067.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leal, A. L. (10 de JUNIO de 2010). *researchgate*. Obtenido de researchgate:  
[https://www.researchgate.net/publication/225108511\\_Use\\_of\\_shrimp\\_protein\\_hydrolysate\\_in\\_Nile\\_tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_L\\_feeds](https://www.researchgate.net/publication/225108511_Use_of_shrimp_protein_hydrolysate_in_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_L_feeds)
- Martínez, M. A. (4 de AGOSTO de 2006). *crc.uri.edu*. Obtenido de crc.uri.edu:  
<https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>
- Mudarra, R. (10 de MAYO de 2022). *portal.amelica.org*. Obtenido de portal.amelica.org:  
<https://portal.amelica.org/ameli/journal/222/2223233010/html/>
- NAVARRETE, E. C. (12 de AGOSTO de 2019). *repositorio.espam.edu.ec*. Obtenido de repositorio.espam.edu.ec:  
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1052/1/TTMAI2.pdf>

Nilsang, S. L. (12 de OCTUBRE de 2005). *Journal of Food Engineering*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.020>

Palmira Padilla P.1, F. A. (16 de NOVIEMBRE de 2000). *researchgate*. Obtenido de researchgate:

[https://www.researchgate.net/publication/316707861\\_SUSTITUCION\\_DE\\_LA\\_HARINA\\_DE\\_PESCADO\\_POR\\_ENSILADO\\_BIOLOGICO\\_DE\\_PESCADO\\_EN\\_RACIONES\\_PARA\\_JUVENILES\\_DE\\_GAMITANA\\_Colossoma\\_macropomum](https://www.researchgate.net/publication/316707861_SUSTITUCION_DE_LA_HARINA_DE_PESCADO_POR_ENSILADO_BIOLOGICO_DE_PESCADO_EN_RACIONES_PARA_JUVENILES_DE_GAMITANA_Colossoma_macropomum)

Pasupuleti, V. K. (2010). *Protein hydrolysates in biotechnology*.

Pasupuleti, V. K. (2010). State of the art manufacturing of protein hydrolysates. En *Protein hydrolysates in biotechnology* (págs. 11-32).

RAMIREZ, D. C. (16 de ENERO de 2010). *repositorio.unal.edu.co*. Obtenido de repositorio.unal.edu.co:

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70511/107411.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramírez, J. A. (10 de NOVIEMBRE de 2016). *researchgate*. Obtenido de researchgate:

[https://www.researchgate.net/publication/310628860\\_Hidrolisis\\_enzimatica\\_de\\_visceras\\_de\\_pescado\\_utilizando\\_pepsina\\_y\\_pancreatina\\_Enzymatic\\_hydrolysis\\_of\\_fish\\_viscera\\_using\\_pepsin\\_and\\_pancreatin](https://www.researchgate.net/publication/310628860_Hidrolisis_enzimatica_de_visceras_de_pescado_utilizando_pepsina_y_pancreatina_Enzymatic_hydrolysis_of_fish_viscera_using_pepsin_and_pancreatin)

Rathore, V. D. (10 de FEBRERO de 2016). *International Journal of Food Science and Technology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1111/ijfs.13199>

Refstie, S., Olli, J. J., & Standal, H. (30 de SEPTIEMBRE de 2004). *sciencedirect*. Obtenido de

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848604003631?via%3>

Dihub

Rodriguez, A. M. (21 de SEPTIEMBRE de 2008). *repositorio.uniandes.edu.co*. Obtenido de [repositorio.uniandes.edu.co](https://repositorio.uniandes.edu.co):

<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/6f1453df-329b-47fa-b9d1-b5177ab757ed/content>

RODRÍGUEZ, C. A. (3 de AGOSTO de 2007). *repositorio.upse.edu.ec*. Obtenido de [repositorio.upse.edu.ec](https://repositorio.upse.edu.ec):

<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/824/1/GONZABAY%20RODRÍGUEZ%20CARLOS%20ALBERTO-2007.pdf>

Ruichang Gao a, Q. Y. (ABRIL de 2021). *sciencedirect*. Obtenido de [sciencedirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421001382?utm_source):

[https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421001382?utm\\_source](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421001382?utm_source)

SAMPEDRO, M. L.-B. (12 de JULIO de 1997). *digital.csic.es*. Obtenido de [digital.csic.es](https://digital.csic.es):

[https://digital.csic.es/bitstream/10261/90659/1/Lopez\\_Benito\\_Sampedro\\_1977.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/90659/1/Lopez_Benito_Sampedro_1977.pdf)

Tacias-Pascacio, V. G. (JUNIO de 2021). *researchgate*. Obtenido de [researchgate](https://www.researchgate.net/publication/352548893_Bioactive_peptides_from_fishes_residues_A_review_of_use_of_papain_in_proteolysis_reactions):

[https://www.researchgate.net/publication/352548893\\_Bioactive\\_peptides\\_from\\_fishes\\_residues\\_A\\_review\\_of\\_use\\_of\\_papain\\_in\\_proteolysis\\_reactions](https://www.researchgate.net/publication/352548893_Bioactive_peptides_from_fishes_residues_A_review_of_use_of_papain_in_proteolysis_reactions)

Torres-Novoa, D. M. (16 de JUNIO de 2012). *scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092012000100007#:~:text=La%20deficiencia%20de%20f%C3%B3sforo%20en,menor%20proporci%C3%B3n%20que%20el%20calcio)

[37092012000100007#:~:text=La%20deficiencia%20de%20f%C3%B3sforo%20en,menor%20proporci%C3%B3n%20que%20el%20calcio](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092012000100007#:~:text=La%20deficiencia%20de%20f%C3%B3sforo%20en,menor%20proporci%C3%B3n%20que%20el%20calcio).

Valencia, M. (06 de NOVIEMBRE de 2024). *fao.org*. Obtenido de *fao.org*:  
[https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-  
events/fr/c/1696495/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/fr/c/1696495/?utm_source=chatgpt.com)

Villamil, O., Váquiro, H., & Solanilla, J. F. (1 de JUNIO de 2017). *sciencedirect*. Obtenido de  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616320830?>

Xu, H., Mu, Y., Zhang, Y., & Wei, Y. (6 de DICIEMBRE de 2016). *researchgate*. Obtenido  
de  
[https://www.researchgate.net/publication/287111202\\_Graded\\_levels\\_of\\_fish\\_protei  
n\\_hydrolysate\\_in\\_high\\_plant\\_diets\\_for\\_turbot\\_Scophthalmus\\_maximus\\_Effects\\_o  
n\\_growth\\_performance\\_and\\_lipid\\_accumulation](https://www.researchgate.net/publication/287111202_Graded_levels_of_fish_protein_hydrolysate_in_high_plant_diets_for_turbot_Scophthalmus_maximus_Effects_on_growth_performance_and_lipid_accumulation)

Zapata, J. I. (15 de DICIEMBRE de 2015). *redalyc.org*. Obtenido de *redalyc.org*:  
<https://www.redalyc.org/journal/1699/169951832003/html/#B8>

Zavareze, E. R. (9 de FEBRERO de 2014). *Food and Bioproducts Processing*. Obtenido de  
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.08.005>

## ANEXOS

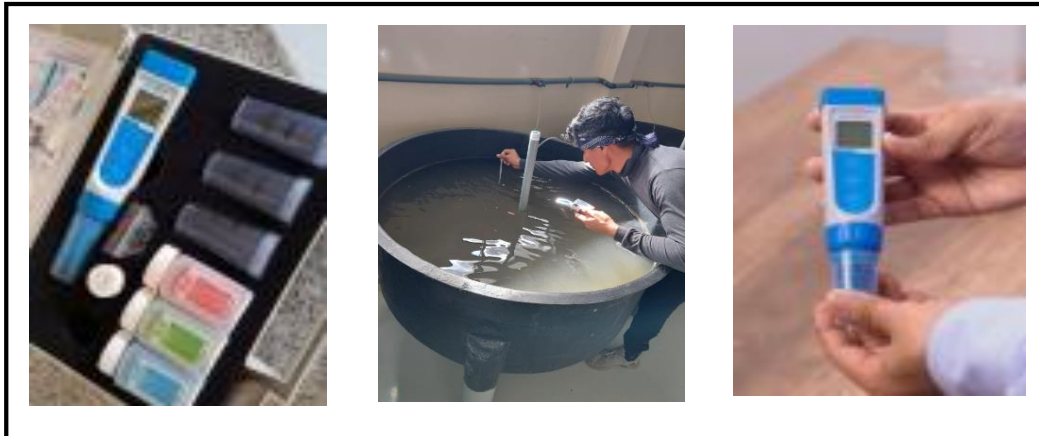
### **Anexo 1.**

*Obtención y proceso de aclimatación de juveniles de tilapia roja (Oreochromis sp).*



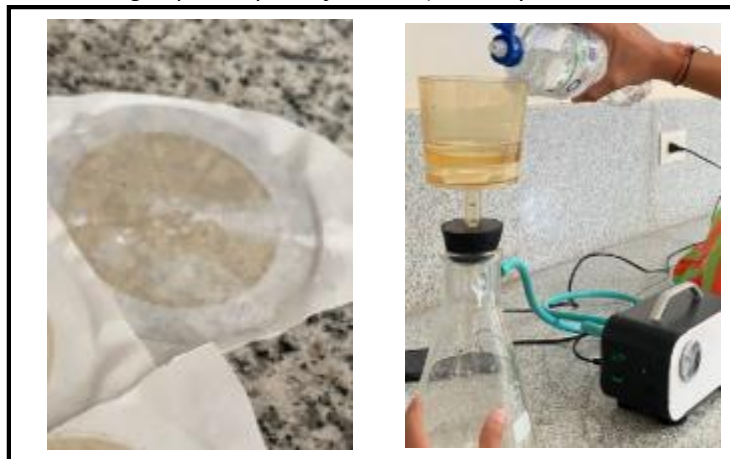
### **Anexo 2.**

*Medición de parámetros de calidad e agua (temperatura, salinidad, Oxígeno y pH)*



### **Anexo 3.**

*Proceso de filtración de agua para espectrofometría (Nitritos y Nitratos)*



#### Anexo 4.

Preparación de medición de pastillas de enzima de papaya en gramos



#### Anexo 5.

Medición, trituración de pescado y disolución de enzima de papaya



**Anexo 6.**  
*Proceso y toma de temperatura del hidrolizado de pescado.*



**Anexo 7.**  
*Inclusión de la papaína de papaya en el hidrolizado de pescado.*



**Anexo 8.**  
*Muestra de hidrolizado de pescado con papaína de papaya*





**Anexo 9.**

*Preparación de la muestra del hidrolizado para su proceso de centrifugado*



**Anexo 10.**

*Hidrolizado de pescado en proceso de la centrifuga*



**Anexo 11.**

*Líquido hidrolizado refinado*



**Anexo 12.**  
*Biometría de juveniles de tilapia rojo*



**Anexo 13.**  
*preparación del agua para su respectivo recambio*



**Anexo 14.**

Utilización del programa software (Excel) para datos estadísticos.

PESO (g) POR TRATAMIENTO	CONTROL	TRATAMIENTO 1	TRATAMIENTO 2
SEMANA 1	12,67	13,42	15,00
SEMANA 2	24,17	21,68	23,96
SEMANA 3	28,15	29,30	31,70
SEMANA 4	43,93	44,93	45,91
SEMANA 5	57,63	60,09	61,82
SEMANA 6	70,07	73,14	74,89
SEMANA 7	94,03	104,31	107,97
SEMANA 8	118,08	125,35	123,59
SEMANA 9	134,60	142,41	149,66
SEMANA 10	154,45	162,34	169,89
SEMANA 11	174,93	182,46	189,39
SEMANA 12	198,42	205,79	213,12

FALLA (g) POR TRATAMIENTO	Longitud Control (cm)	Longitud Tratamiento 1 (cm)	Longitud Tratamiento 2 (cm)
SEMANA 1	8,4	8,6	8,9
SEMANA 2	9,7	10,2	10,7
SEMANA 3	11,1	11,3	11,7
SEMANA 4	12,9	13,2	13,3
SEMANA 5	14,4	14,6	14,8
SEMANA 6	15,4	15,7	15,8
SEMANA 7	17,1	17,8	18,0
SEMANA 8	18,6	19,0	19,2
SEMANA 9	19,5	19,9	20,3
SEMANA 10	20,5	20,8	21,2

GUION PARA PESOS EN GRAMOS (FINAL DE LA SEMANA 12)							
PEZ	CONTROL 1	CONTROL 2	CONTROL 3	T1 (g)	T2 (g)	T3 (g)	T4 (g)
1	99,9	89,7	88,09	208	208,94	207,1	207,6
2	89,9	89,7	87,52	207,75	204,63	205,3	205
3	88,87	88,4	89,8	204,67	207,5	204,88	207,7
4	88,25	89,88	89,59	207,5	208,10	204,47	207,7
5	88,82	87,88	88,64	204,96	207,2	208,32	207,3
6	88,10	87,81	88,87	204,47	204,62	205,7	207,6
7	88,04	88,78	88,94	207,09	204,84	207,9	207,8
8	87,95	89,5	88,08	204,88	207,33	204,1	204,3
9	88,01	87,98	88,6	205,4	204,3	204,3	204,8
10	87,75	89,3	87,22	204,6	204,78	204,88	207,3
11	88,3	88,87	88,01	207,3	208,11	205,08	204,6
12	87,86	87,42	88,22	204,2	204,87	204,88	207,8
13	88,85	88,85	89,22	204,88	207,7	206,45	207,22
14	87,84	88,83	87,33	204,96	204,42	204,88	204,75
15	87,88	87,89	88,46	207,43	204,89	204,85	207,6
16	88,35	89,33	87,58	204,94	205,81	204,33	207,73
17	88,72	88,1	88,85	204,35	207,88	204,6	207,8
18	88,66	88,77	87,81	204,94	206,36	207,96	207,5
19	88,5	88,2	87,48	207,5	204,8	206,19	206,85
20	88,5	88,2	87,48	207,5	204,8	206,19	206,85

PESO PROMEDIO			
CONTROL 1	CONTROL 2	T1	T2
198,59	198,48	198,29	198,87
208,78	206,78	205,51	202,87
203,38	203,23	202,13	202,23

PESO (g) POR TRATAMIENTO			
CONTROL 1	CONTROL 2	T1	T2
8,4	8,6	8,9	8,9
9,7	10,2	10,7	10,7
11,1	11,3	11,7	11,7
12,9	13,2	13,3	13,3
14,4	14,6	14,8	14,8
15,4	15,7	15,8	15,8
17,1	17,8	18,0	18,0
18,6	19,0	19,2	19,2
19,5	19,9	20,3	20,3
20,5	20,8	21,2	21,2

DIFERENCIA ALBERTINIANA (g)			
CONTROL 1	CONTROL 2	T1	T2
8,4	8,6	8,9	8,9
9,7	10,2	10,7	10,7
11,1	11,3	11,7	11,7
12,9	13,2	13,3	13,3
14,4	14,6	14,8	14,8
15,4	15,7	15,8	15,8
17,1	17,8	18,0	18,0
18,6	19,0	19,2	19,2
19,5	19,9	20,3	20,3
20,5	20,8	21,2	21,2

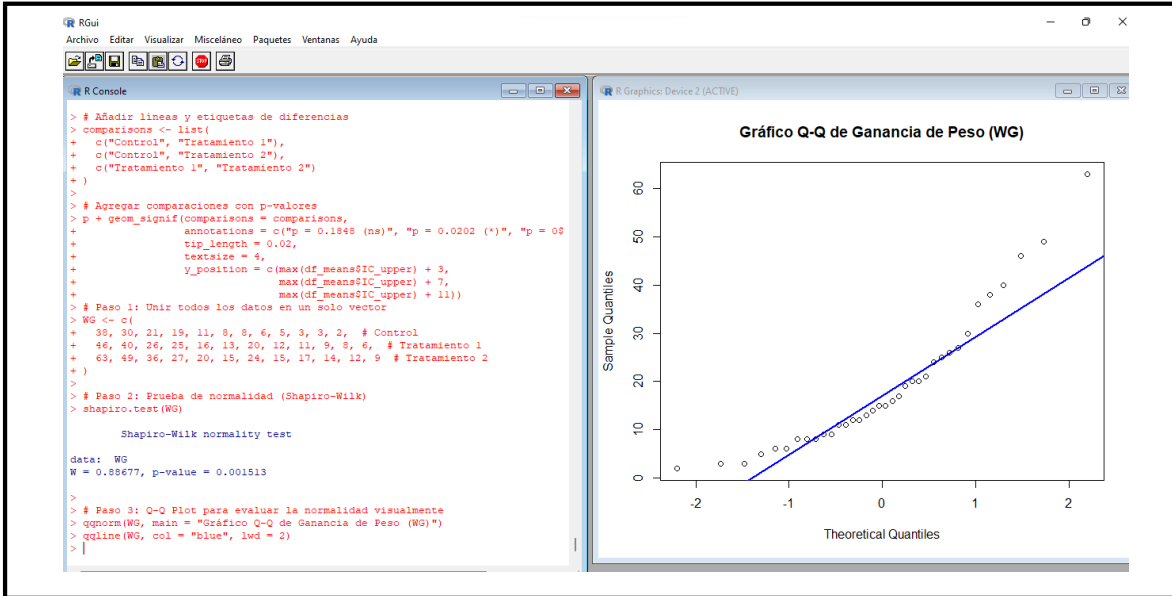
DIFERENCIA ALBERTINIANA (%)			
CONTROL 1	CONTROL 2	T1	T2
8,4	8,6	8,9	8,9
9,7	10,2	10,7	10,7
11,1	11,3	11,7	11,7
12,9	13,2	13,3	13,3
14,4	14,6	14,8	14,8
15,4	15,7	15,8	15,8
17,1	17,8	18,0	18,0
18,6	19,0	19,2	19,2
19,5	19,9	20,3	20,3
20,5	20,8	21,2	21,2

PESO DE CONTROL POR SEMANA			
FCA	T1	T2	T3
3,7	3,8	4,1	4,2
4,3	4,3	4,3	4,3
6,7	6,7	6,7	6,7

**Anexo 15.**

Utilización del programa software (R-estudio) para graficas estadísticas.



**Anexo 16.**  
**Resultados de análisis bromatológico del hidrolizado de pescado dada por un especialista.**

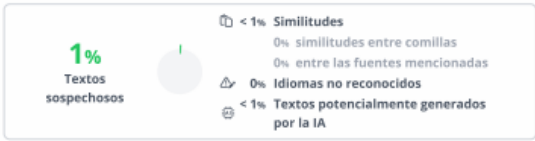
The image shows a Gmail interface with an email from 'resultados@labprotal.com' titled 'INFORME DE RESULTADOS: CALDERÓN FLORES MICHAEL ENRIQUE'. The email content is partially visible, showing a green header with 'Saludos' and 'Estimado(a): CALDERÓN FLORES MICHAEL ENRIQUE'. Below the email, two PDF documents are displayed side-by-side, both titled 'COTIZACIÓN N° 25-06/0072' from 'EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS ESP. TECH S.A. LABORATORIO PROTAL'.

The PDF documents are 'COTIZACIÓN N° 25-06/0072' from 'EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS ESP. TECH S.A. LABORATORIO PROTAL'. The left document shows the 'CONSIDERACIONES GENERALES' section, which includes details about the service, terms of payment, and contact information. The right document shows the 'Datos del Producto #1' section, which includes a table of products and their prices, and a 'Servicios Analíticos' section with a 'Valor a Pagar' of S/53.33.

Nombre de artículo	Marcas	Cantidad	Costo	# Unidades	Costo de Venta	Subtotal
Proteína	ANAC 00007	8	80,00	8	80,00	80,00
Grasas	ANAC 001	8	80,00	8	80,00	80,00
Carbohidratos	ANAC 002	8	80,00	8	80,00	80,00
<b>Subtotal Unidades</b>						<b>240,00</b>
<b>Costo de Producción</b>						<b>106,67</b>
<b>Subtotal Por Costo de Producción</b>						<b>106,67</b>
<b>Servicios Analíticos</b>						<b>345,00</b>
<b>SubTotal</b>						<b>541,67</b>
<b>Valor a Pagar</b>						<b>553,33</b>



# COMPILATIO MICHAEL CALDERON



Nombre del documento: COMPILATIO MICHAEL CALDERON.pdf ID del documento: 9dff0711af547171554d64bd345d410621cc430f Tamaño del documento original: 859,97 kB	Depositante: DENNIS GISELLA TOMALÁ SOLANO Fecha de depósito: 13/6/2025 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 13/6/2025	Número de palabras: 12.320 Número de caracteres: 81.329
---	--	--

Ubicación de las similitudes en el documento:



### Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #75b032 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (17 palabras)
2	repositorio.upse.edu.ec <a href="https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/12989/1/JP5E-TBM-2025-0001.pdf">https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/12989/1/JP5E-TBM-2025-0001.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)



**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR**  
**CARRERA DE BIOLOGÍA**

---

**FCM-053-DGTS-2025**

La Libertad, 13 de junio de 2025

Señor Ing.  
Jimmy Vilón Moreno, M.Sc.  
**DIRECTOR CARRERA**  
**BIOLOGÍA - BIOLOGÍA MARINA**

Estimado Sr. Director:

Por medio del presente informo a Ud. que se ha realizado el acompañamiento de tutorías a la estudiante MICHAEL ENRIQUE CADERON FLORES, con el trabajo de titulación "EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE JUVENIL DE OREOCHROMIS SP, ALIMENTADA CON DIETAS A BASE DE HIDROLIZADO DE PESCADO CON PAPAÍNA DE PAPAYA", este sentido debo indicar que se ha registrado 1% en el sistema antiplagio Copilatio. Por tanto, me permito dar el aval correspondiente para la entrega del documento del Trabajo final de titulación para continuar con el proceso respectivo.

Agradeciendo de antemano por la atención que se sirva brindar al presente, me suscribo de Ud.

Atentamente,



Biga. Dennis Tomalá Solano, M. Sc.  
Docente  
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR

Cc. Archivo