



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TEMA**

Efecto de dietas con diferentes proporciones de gluten de maíz en el crecimiento y desarrollo de juveniles de tilapia (*Oreochromis sp*)

**AUTOR**

**Pita Baquerizo Milton Geovanny**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
Previo a la obtención del grado académico en  
MAGÍSTER EN ACUICULTURA**

**TUTOR**

**PhD. Landívar Zambrano José Jerry**

**Santa Elena, Ecuador**

**Año 2026**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos calificadores aprueban el presente trabajo de titulación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por el Instituto de Postgrado de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Firmado electrónicamente por:  
**ROXANA DEL CARMEN  
ÁLVAREZ ACOSTA**  
Validar Únicamente con FirmaEC

---

**PhD. Roxana Álvarez Acosta  
COORDINADORA DEL  
PROGRAMA**



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE JERRY LANDIVAR  
ZAMBRANO**  
Validar Únicamente con FirmaEC

---

**PhD. José Jerry Landívar Zambrano  
TUTOR**



Firmado electrónicamente por:  
**JOSE ANTONIO MELENA  
CEVALLOS**  
Validar Únicamente con FirmaEC

---

**PhD. Verónica Vera Vera  
ESPECIALISTA 1**

---

**PhD. José Melena Cevallos  
ESPECIALISTA 2**

---

**Ab. María Rivera González. Mgtr.  
SECRETARIA GENERAL  
UPSE**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN:**

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por **Pita Baquerizo Milton Geovanny**, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Acuicultura.

Atentamente.



---

PhD. José Jerry Landívar Zambrano  
**TUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Pita Baquerizo Milton Geovanny**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de Titulación “**Efecto de dietas con diferentes proporciones de gluten de maíz en el crecimiento y desarrollo de juveniles de tilapia (*Oreochromis sp*)**” previo a la obtención del título en Magíster en Acuicultura, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, a los 31 días del mes de marzo de 2026.



---

Pita Baquerizo Milton Geovanny  
**AUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Pita Baquerizo Milton Geovanny**

**DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de la investigación con fines de difusión pública, además, apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, a los 31 días del mes de marzo de 2026.



---

Pita Baquerizo Milton Geovanny  
**AUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA  
DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO**

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado **Efecto de dietas con diferentes proporciones de gluten de maíz en el crecimiento y desarrollo de juveniles de tilapia (*Oreochromis sp*)**, presentado por el estudiante, **Pita Baquerizo Milton Geovanny** fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 6%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.

**CERTIFICADO DE ANÁLISIS**  
magister

**INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**6%**  
Textos sospechosos

**6% Similitudes**  
0% similitudes entre comillas  
5% entre las fuentes mencionadas  
0% idiomas no reconocidos  
9% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: INFORME DE INVESTIGACIÓN.pdf  
ID del documento: 4056a2012a117398050937049d028216d5ec5k:1  
Tamaño del documento original: 1,35 MB

Depositante: JERRY LANDÍVAR ZAMBRANO  
Fecha de depósito: 1/3/2025  
Tipo de carga: Interface  
Fecha de fin de análisis: 1/3/2025

Número de palabras: 12.486  
Número de caracteres: 88.613



Firmado electrónicamente por  
**JOSE JERRY LANDIVAR  
ZAMBRANO**

Validar únicamente con FirmaRC

PhD. José Jerry Landívar Zambrano  
**TUTORA**

## ÍNDICE GENERAL

TEMA.....	I
TRIBUNAL DE GRADO .....	II
CERTIFICACIÓN:.....	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	IV
AUTORIZACIÓN .....	V
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO .....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VII
Resumen .....	XI
Abstract.....	XII
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	6
OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS .....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
OBJETIVOS ESPECIFICOS: .....	8
PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO .....	8
VARIABLES:.....	9
Variable Independiente .....	9
Variables Dependiente .....	9
Variables controladas .....	9
CAPITULO II.....	10
MARCO TEORICO .....	10
Consumo de harina de pescado en acuicultura .....	10
EL GLUTEN DE MAIZ .....	12
Característica de la proteína de maíz.....	13
Cultivo y producción de tilapia.....	14
Sistemas de cultivo y densidad de siembra .....	17
Nutrición y alimentación de las Tilapias.....	19
Ciclo reproductivo de las tilapias.....	20

Requerimientos medioambientales .....	22
Temperatura .....	22
Oxígeno Disuelto.....	22
pH.....	22
Turbidez .....	23
Luz o Luminosidad.....	23
Análisis bromatológico .....	23
Extracción Soxhlet .....	23
Método de Kjeldahl.....	23
CAPITULO III .....	25
MATERIALES Y METODO.....	25
AREA DE ESTUDIO .....	25
DESCRIPCION DEL DISEÑO EXPERIMENTAL .....	25
RECEPCION DE PECES ETAPA JUVENIL.....	27
CONTROL DE PARAMETROS .....	27
Control biológico: crecimiento y desarrollo (biometría) .....	28
Control peso - talla .....	29
Eficiencia alimenticia: .....	30
Descripción estadística .....	30
CAPITULO IV .....	32
RESULTADOS Y DISCUSION .....	32
RELACIÓN PESO-TALLA.....	32
Prueba Post-Hoc (Tukey HSD).....	32
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS .....	33
GANANCIA DE PESO .....	33
ANALISIS DE LA GANANCIA DE PESO .....	34
TASA DE CRECIMIENTO ESPECIFICA .....	39
ANALISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECIFICA .....	40
INCREMENTO DE LONGITUD .....	40
ANALISIS DEL INCREMENTO DE LONGITUD.....	41
FACTOR DE CONDICION (K) .....	41
ANALISIS DEL FACTOR DE CONDICION K .....	41
SOBREVIVENCIA .....	42
ANALISIS DE LA SOBREVIVENCIA.....	42
FACTOR DE CONVERSION ALIMENTICIA .....	42

ANÁLISIS DEL FACTOR DE CONVERSION ALIMENTICIA.....	43
Análisis descriptivo de las dietas en la composición bromatológica corporal .....	44
CAPITULO V .....	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	46
Efecto de las dietas sobre el crecimiento .....	46
Impacto en la composición bromatológica corporal .....	47
Eficiencia alimenticia y supervivencia.....	47
Bibliografía.....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición Típica Nutricional .....	12
Tabla 2 Tratamiento del Diseño Experimental.....	26
Tabla 3 Pesos-Tallas de los Tratamientos .....	32
Tabla 4 Ganancia de Peso (GP).....	33
Tabla 5 Peso Absoluto-Peso Relativo .....	34
Tabla 6 Tasa de Crecimiento Especifica .....	39
Tabla 7 Interpretación de la tasa de Crecimiento Especifica.....	40
Tabla 8 Incremento de longitud.....	40
Tabla 9 Factor de condición K .....	41
Tabla 10 Supervivencia .....	42
Tabla 11 Factor de Conversión Alimenticia.....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica Laboratorio de Acuicultura .....	25
Figura 2 Distribución de Tanques .....	26
Figura 3 Recepción de Peces (Juveniles de Tilapia) .....	27
Figura 4 Equipo Multiparámetro HANNA.....	28
Figura 5 Control de Pesos.....	28
Figura 6 Control de Tallas.....	29

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Peso vs Gluten 10% .....	35
Gráfico 2 Peso vs Gluten 15% .....	36
Gráfico 3 Peso vs Gluten 20% .....	37
Gráfico 4 Peso vs Gluten 25% .....	38
Gráfico 5 Relación General Peso vs Gluten.....	39

## RESÚMEN

El estudio evaluó el efecto de las dietas con diferentes porcentajes de inclusión de gluten de maíz (10%, 15%, 20%, 25%) sobre el crecimiento, desarrollo y eficiencia alimenticia de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en fase juvenil, con el propósito de analizar su viabilidad como fuente proteica vegetal. El estudio se realizó durante 90 días bajo condiciones controladas utilizando 5 tratamientos en el diseño experimental incluyendo un grupo control con alimento comercial. Se determinó el efecto de las dietas sobre el peso, longitud y tasa de crecimiento, los resultados mostraron diferencias significativas en los tratamientos (ANOVA  $p < 0.05$ ), la dieta al 25% registró mayor peso final y ganancia absoluta (84,89 g) superando en un 7,76% a la dieta control, la tasa de crecimiento específica indicó valores superiores al 1% día<sup>-1</sup> en los tratamientos, en la composición bromatológica corporal el gluten de maíz influyó en la deposición de proteínas y lípidos, se evidencia un mayor crecimiento muscular en los niveles altos de la dieta, la fibra y cenizas permanecieron estables lo que indica que el gluten no afectó negativamente la digestibilidad ni el metabolismo, en la eficiencia alimenticia el tratamiento con el 25% presentó una conversión alimenticia (FCA 0,614) junto con una mayor biomasa final y alta supervivencia (96,8). Los resultados indican que la inclusión del gluten de maíz es una alternativa viable para la sustitución parcial de los ingredientes proteicos para las dietas de tilapias en fase juvenil, lo cual contribuye a la reducción de costos de producción y el desarrollo de una acuicultura sostenible. La inclusión del gluten de maíz entre el 20% y 25% fue identificado como el rango más eficiente para maximizar el rendimiento productivo sin comprometer la calidad final ni la salud de los organismos.

**Palabras claves:** Biometría, gluten de maíz, tilapia juvenil.

## ABSTRACT

The study evaluated the effect of diets with different percentages of corn gluten inclusion (10%, 15%, 20%, 25%) on the growth, development, and feed efficiency of juvenile red tilapia (*Oreochromis sp.*), with the aim of analyzing its viability as a plant-based protein source. The study was conducted over 90 days under controlled conditions using five treatments in the experimental design, including a control group fed commercial feed. The effect of the diets on weight, length, and growth rate was determined. The results showed significant differences between treatments (ANOVA  $p < 0.05$ ). The 25% diet resulted in the highest final weight and absolute gain (84.89 g), exceeding the control diet by 7.76%. The specific growth rate indicated values greater than 1% day<sup>-1</sup> in the treatments. In terms of body composition, corn gluten influenced protein and lipid deposition, with greater muscle growth evident at higher dietary levels. Fiber and ash content remained stable, indicating that gluten did not negatively affect digestibility or metabolism. Regarding feed efficiency, the 25% treatment showed a higher feed conversion ratio (FCA 0.614) along with greater final biomass and high survival (96.8%). The results indicate that the inclusion of corn gluten is a viable alternative for the partial replacement of protein ingredients in juvenile tilapia diets, contributing to reduced production costs and the development of sustainable aquaculture. A corn gluten inclusion rate of 20% to 25% was identified as the most efficient range for maximizing productive performance without compromising final quality or the health of the organisms.

Keywords: Biometric, corn gluten, juvenile tilapia.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

La acuicultura ha emergido como el sector de producción de alimentos de mayor crecimiento en el mundo, superando a la pesca de captura como la principal fuente de pescado y mariscos para el consumo humano (FAO, 2022). La acuicultura es una de las mejores alternativas para producir alimentos de alta calidad con bajo impacto ambiental bajo en comparación con otras actividades agroalimentarias (Vazquez-Vera, et al., 2022).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (2022), el sector de la acuicultura ha contribuido fundamentalmente a la seguridad alimentaria y nutricional en la población, principalmente de las más vulnerables. Cabe destacar que se conoce que más del 95% de la producción acuícola del mundo se hace en países desarrollados teniendo en promedio una tasa anual del 6.13%, producción valorada en más de 250 000 millones de dólares, abarcando un amplio grupo de especies desde plantas acuáticas y animales, siendo en su mayoría especies marinas, pero hasta el año 2019, la producción acuícola de pescado de agua dulce tuvo un incremento a más de 600.000 toneladas, siendo la principal actividad la producción en estanques de tierra (Quintero-Sánchez, Y. D.; Sánchez, 2024).

El cultivo de la tilapia tiene antecedentes antiguos y se asocia a las primeras prácticas de producción de alimentos en la historia. Existen registros que indican que esta especie ya era cultivada por las civilizaciones egipcias para consumo humano. En la actualidad, la producción de tilapia se desarrolla principalmente en regiones tropicales y subtropicales, donde las condiciones ambientales favorecen su crecimiento. A nivel mundial se reporta el cultivo de más de 22 especies; sin embargo, desde el punto de vista comercial, las más representativas son la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), la tilapia de Mozambique (*O. mossambicus*), la tilapia azul (*O. aureus*), así como *O. macrochir*, *O. hornorum*, *O. galilaeus*, *Tilapia zillii* y *T. rendalli* (Sayed, 1999).

La tilapia (*Oreochromis* sp.) se usa para la producción de alimentos, muestra buen sabor rápido crecimiento y su requerimiento de proteína cruda puede ser hasta 28 %. Para reducir el costo de producción es importante sustituir la harina de pescado por fuentes alternativas de proteína de costo menor (Aroldo Botello, et al., 2011).

El cultivo de Tilapias (*Oreochromis* sp.) es conveniente porque toleran altas densidades, se desarrollan rápidamente adaptable en cautiverio y son resistentes a las enfermedades, aceptan dietas de alimentación balanceada posee carne de buena calidad y se vende a precio bajo, por lo que se han convertido en una de las especies más comercializados en el mundo en acuicultura como producto completo o filetes (Jacome, 2019).

La tilapia es una de las especies de peces más cultivada, principalmente por su acelerado crecimiento, resistencia a enfermedades, capacidad de reproducción en cautiverio, su adaptabilidad nutricional. Como especie omnívora, la tilapia puede digerir y asimilar eficientemente una amplia gama de ingredientes de origen vegetal (El-Hanafí, et al., 2021).

Este rápido auge responde a la creciente demanda mundial de proteína animal, impulsada por el aumento demográfico y el cambio en los hábitos alimenticios. Sin embargo, este crecimiento exponencial no está exento de desafíos, siendo el más significativo la dependencia de los insumos alimenticios, en particular la harina de pescado. Históricamente, este producto, derivado de la pesca de peces pelágicos de pequeño tamaño, ha sido el pilar de los alimentos para peces debido a su excelente perfil de aminoácidos esenciales, alta digestibilidad y palatabilidad (Tacon A. , 2004).

La disponibilidad de harina de pescado (HP) enfrenta riesgos por el aumento en la demanda, prácticas insostenibles y costos elevados. Es urgente identificar fuentes proteicas asequibles para su reemplazo. Los ingredientes de origen vegetal resultan adecuados por su disponibilidad y bajo costo comercial. Además, el uso excesivo de HP eleva los niveles de fósforo, lo que contamina el agua. Debido a que la HP es un recurso limitado, su empleo

como fuente única de proteína es inviable. Resulta imperativo integrar fuentes alternativas para asegurar la sostenibilidad de la acuicultura (Syed Makhdoom, 2024).

La harina de pescado (HP) constituye la base tradicional de los alimentos comerciales por su valor nutritivo, palatabilidad y alta concentración de proteínas. No obstante, representa el insumo de mayor costo en la industria. La investigación actual prioriza el uso de proteínas vegetales como la soya, aunque su precio de mercado muestra un incremento anual constante (Gonzalez, 2014).

En la producción de tilapia, la dependencia de la harina de pescado constituye una de las principales limitantes económicas, debido a su alto costo y a la variabilidad en su disponibilidad. Por esta razón, resulta necesario analizar nuevas fuentes proteicas que permitan reducir este impacto financiero. La sustitución parcial o total de los ingredientes tradicionales requiere una evaluación técnica que considere el crecimiento, el desarrollo y la eficiencia alimenticia de los juveniles, con el fin de asegurar resultados productivos adecuados y la sostenibilidad del sistema de cultivo (Montoya, 2018).

La mayoría de los trabajos en el área acuícola están enfocadas a buscar sustitutos de la harinas y aceites de pescado que sean sostenible (Gonzales Salas, et al., 2014).

Los subproductos de origen vegetal generados por la industria agroalimentaria han despertado un interés creciente en los últimos años, particularmente en el ámbito de la nutrición animal. Dentro de este grupo, el gluten de maíz se obtiene a partir del proceso de molienda húmeda del grano de maíz (*Zea mays*) y se considera una alternativa viable para su uso en la formulación de dietas. Su principal ventaja está asociada a su elevado contenido de proteína cruda, el cual generalmente se encuentra en un rango comprendido entre el 57 % y el 64,5 % (NRC, 2011).

La proteína del gluten de maíz (GM) sustituye hasta el 42% de la proteína de harina de soya en alevines de tilapia del Nilo (*O. niloticus*), Esta inclusión ofrece resultados favorables en

los índices de supervivencia y conversión alimenticia. El GM posee una energía digestible de 18.02 kJ g<sup>-1</sup>, cifra superior a los 10.74 kJ g<sup>-1</sup> registrados en el maíz convencional. Asimismo, el GM presenta coeficientes de digestibilidad elevados: 96.5% para proteína, 90.3% para lípidos, 80.1% para carbohidratos y 83.4% para energía. Estos valores superan el rendimiento de la harina de maíz, cuyos porcentajes de digestibilidad son 75.1%, 75.6%, 57.9% y 61.4% respectivamente (Gonzales Salas, et al., 2014). Estos valores corresponden a datos generales de la fuente y no necesariamente a trabajos realizados con tilapias rojas.

Esta crisis ha hecho que la comunidad científica y la industria se centren en la búsqueda de fuentes de proteína alternativas que sean más económicas, abundantes y sostenibles, para así asegurar la continuidad de la producción acuícola (Gatlin, et al., 2007).

El gluten de maíz (GM) constituye una alternativa viable por su elevado contenido proteico y disponibilidad comercial. Sin embargo, su inclusión en dietas acuícolas requiere evaluar el efecto sobre el crecimiento, desarrollo y eficiencia alimenticia en tilapias. Factores como la variabilidad en la digestibilidad, el perfil limitado de aminoácidos y la presencia de agentes antinutricionales exigen una validación experimental. Por tanto, es necesario determinar con precisión el porcentaje óptimo de inclusión del GM en las formulaciones balanceadas. El GM se ha utilizado en las siguientes especies: pargo manchado (*Lutjanus guttatus*), rodaballo (*S. maximus*), pez gato ussuri (*Pseudobagrus ussuriensis*), lubina asiática (*Lates calcarifer*), esturión siberiano (*Acipenser baerii*), trucha arcoiris (*O. mykiss*) (Syed Makhdoom, et al., 2024).

Las investigaciones acuícolas se han centrado en la inclusión de harinas vegetales en dietas para peces. No obstante, existe escasa información científica sobre el uso del gluten de maíz (GM) en proporciones variables y su efecto directo en el peso, la talla y el índice de conversión alimenticia en juveniles de tilapia. La mayoría de los estudios omiten un enfoque integral que combine el análisis de parámetros biométricos y bromatológicos. No se cuenta con datos específicos en los sistemas de cultivos locales específicamente en tallas juveniles de tilapia roja bajo condiciones de control, lo que reduce la aplicabilidad practica reportada

en otras investigaciones. Por tanto, es relevante ejecutar investigaciones específicas para comparar distintas proporciones del ingrediente bajo condiciones controladas de manera experimental adaptadas al sistema productivo local (Davies, 2001).

Es importante formular nuevas dietas con un balance correcto de nutrientes de tal manera que se pueda optimizar el aprovechamiento de este subproducto vegetal como lo es el gluten de maíz sin que esto afecte el rendimiento productivo de los peces, en este sentido, las harinas de origen vegetal representan una buena alternativa de mucho interés debido a su menor costo, fácil disponibilidad y gran potencial para ser incorporada en la formulación de alimentos balanceados para peces.

Esta investigación se alinea en el aporte de información técnica que facilite el uso de este ingrediente alternativo para los cultivos acuícolas, la obtención de los datos puede ser considerado para nuevas formulaciones dietéticas, con esta información se busca proponer opciones que contribuyan a minimizar los costos de los alimentos comerciales y mantener una producción de excelente calidad.

Por tal motivo se requiere investigar cómo afecta la inclusión de diferentes proporciones de gluten de maíz en la dieta al crecimiento (peso y longitud) y al desarrollo (supervivencia y salud) de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp).

## JUSTIFICACIÓN

Esta investigación busca evaluar el efecto de la inclusión del gluten de maíz (GM) en dietas para juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp), con el propósito de determinar su impacto en el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la calidad nutricional de la alimentación proporcionada.

El estudio pretende proporcionar información técnica aplicable en los sistemas de cultivos locales aportando alternativas de alimentación de fácil acceso para los pequeños y medianos productores que requieran minimizar los costos en la producción sin afectar o comprometer el rendimiento de los peces.

La elaboración de nuevas formulaciones para las dietas acuícolas busca la suplementación de la harina de pescado como producto tradicional, ya sea por su elevado costo o por su disponibilidad variable. Esto ha motivado la búsqueda de nuevas alternativas que contribuyan a mantener el rendimiento productivo sin alterar o aumentar los costos en la producción. En este sentido, el gluten de maíz (GM) se convierte en una opción de gran interés debido a su alto contenido proteico y su fácil disponibilidad y bajo costo en el mercado local.

La harina de pescado es dependiente de la explotación del recurso pesquero, lo que implica una sobreexplotación constante de los recursos marinos, por tal motivo es importante buscar alternativas que contribuyan a la sustitución de este producto, la proteína vegetal busca reducir la demanda de harina de pescado y por ende disminuir el impacto que se genera en los ecosistemas marinos, esta alternativa busca un enfoque de producción más responsable con el medio ambiente y optimizando el uso de los recursos disponibles.

La elaboración de nuevas fórmulas que incluyan gluten de maíz (GM) en las dietas para la producción de juveniles de tilapia roja, debido al alto requerimiento de proteína en esta etapa del crecimiento, permitirá analizar los efectos que ocurren en esta etapa y establecer una

eficiencia productiva, los datos proporcionarían información técnica desde una perspectiva nutricional y económica.

La utilización de ingredientes de origen vegetal en la elaboración de dietas para productos acuícolas se adapta a los principios de sostenibilidad ya que promueven un sistema de producción con menor huella ecológica, la reducción de productos de origen animal está relacionada con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), principalmente en aquellos que orientan al uso responsable de los recursos naturales y la conservación de los ecosistemas acuáticos.

La digestibilidad de la dieta participa directamente en la cantidad de desechos que generan los organismos en los sistemas de producción acuícola, el uso responsable de adecuados productos vegetales permitirá un aprovechamiento nutricional, reducir las pérdidas por mortalidad, minimizar el deterioro de la calidad del agua, aspectos a considerar para la sostenibilidad de la producción de peces.

La presente investigación justifica en gran parte la necesidad de buscar nuevas alternativas viables, de fácil acceso y bajo costo como fuentes de proteína que sean utilizadas en la alimentación acuícola, la inclusión del gluten de maíz en los diferentes tratamientos de alimentación en los juveniles de tilapia roja contribuirá con datos para un mejor desarrollo acuícola y poder establecer una producción de bajo costo y alto nivel nutricional.

# OBJETIVO GENERAL Y ESPECÍFICOS

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de dietas formuladas con diferentes niveles de inclusión de gluten de maíz sobre el crecimiento, el desarrollo y la eficiencia alimenticia de juveniles de tilapia (*Oreochromis* sp.), a partir del análisis de variables biométricas y bromatológicas.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Evaluar el efecto de distintas proporciones de gluten de maíz en la dieta sobre el peso, la longitud y la tasa de crecimiento de juveniles de tilapia.
2. Analizar los cambios en la composición corporal de los peces alimentados con las dietas experimentales, considerando los contenidos de proteína, lípidos, fibra, cenizas y humedad.
3. Determinar el Factor de Conversión Alimenticia (FCA), el factor de condición (K) y el porcentaje de supervivencia de los juveniles de tilapia en función de las dietas evaluadas.

## PLANTEAMIENTO HIPOTÉTICO

**H<sub>0</sub>:** La inclusión de gluten de maíz en la dieta de juveniles de tilapia (*Oreochromis* sp.), en las proporciones evaluadas, no genera diferencias significativas en el crecimiento, el desarrollo ni en la eficiencia alimenticia en comparación con dietas tradicionales.

**H<sub>1</sub>:** La inclusión de gluten de maíz en la dieta de juveniles de tilapia (*Oreochromis* sp.), en las proporciones evaluadas, genera diferencias significativas en el crecimiento, el desarrollo y la eficiencia alimenticia en comparación con dietas tradicionales.

## **VARIABLES:**

**Variable Independiente:** Porcentaje de inclusión del gluten de maíz en la dieta: 0%, 10%, 15%, 20%, 25%.

### **Variables Dependiente:**

- Peso individual (g)
- Longitud total (cm)
- Tasa de crecimiento específico ( $\% \text{ día}^{-1}$ )
- Conversión alimenticia (FCA)
- Supervivencia (S%)

### **Variables controladas:**

- Temperatura del agua
- Densidad de siembra
- Calidad del agua (oxígeno, pH, amonio)
- Frecuencia de alimentación

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **Consumo de harina de pescado en acuicultura**

La producción acuícola de alimentos es la de mayor crecimiento en el mundo, enfrenta el desafío de la sostenibilidad alimentaria. La harina de pescado es la principal fuente de proteína en las dietas de peces, pero su alto costo y el agotamiento de los recursos pesqueros hacen inviable su uso a largo plazo (Tacon A. , 2004).

Este crecimiento global se debe a la gran demanda de proteína de alta calidad. Este rápido incremento está condicionado por la disponibilidad y el costo de los insumos, particularmente los ingredientes de los alimentos balanceados. El ingrediente más valioso, y a menudo el más costoso, es la harina de pescado, un producto con un perfil nutricional casi perfecto para los peces debido a su alta concentración de proteína (60-72%), su excelente balance de aminoácidos y su alta digestibilidad, su producción a partir de peces de captura ha alcanzado su límite biológico, y su uso extensivo no es sostenible ni económicamente viable a largo plazo (Gatlin, et al., 2007).

La industria acuícola se enfrenta al objetivo de disminuir los costos de producción de un modo que no afecte la calidad del producto. La HP en la alimentación de peces presenta elevados precios y escasa disponibilidad, sustituir parte de esta base con el maíz, es una alternativa esperanzadora. El estudio de cómo puede afectar los parámetros bromatológicos del músculo de la tilapia, es un campo de investigación con implicaciones que pretende mejorar la producción hacia un sistema sostenible (Gaviria, et al., 2011).

La harina y el aceite de pescado son productos que se obtienen a partir del procesamiento de pescados o residuos de pescado, la calidad de la harina y el aceite de pescado dependen en gran medida de las propiedades de la materia prima utilizada. Las especies de peces, las condiciones oceánicas donde se pescó (temperatura, contaminación, alimentación, otras especies), los efectos estacionales y los métodos de conservación son parámetros de la

materia prima que influyen en el procesamiento, el rendimiento y la calidad nutricional y técnica de estos productos. (Borghi, M. et al., 2020).

En los últimos años, se produjeron cambios en las demandas de productos proteicos alternativos. Como resultado, hoy en día existe una mayor competencia por parte de los productos sustitutos de la harina y el aceite (Borghi, M. et al., 2020).

La harina de pescado es un polvo obtenido después de cocinar, prensar, secar y moler pescado crudo fresco y recortes de pescado. El aceite de pescado es el líquido extraído del pescado cocido. A partir de 100 kg de materia prima, una fábrica de harina y aceite de pescado produce aproximadamente 20 kg de harina de pescado y 5 kg de aceite de pescado (Borghi, M. et al., 2020).

El valor de la harina y el aceite de pescado radica en que se consideran los ingredientes más nutritivos y digeribles para la alimentación de peces y muchos animales de cultivo. Todos los peces marinos dependen de los ácidos grasos omega-3 marinos en diversos grados y la composición de micronutrientes en la harina de pescado, incluidos los aminoácidos, las vitaminas y los minerales, que favorecen el crecimiento y la función fisiológica óptima de los animales y los peces de cultivo. Esto hace que la harina y el aceite de pescado sean ingredientes indispensables para la alimentación. Algunas características de los productos son las siguientes:

- Alto contenido de proteínas de 62 a 75%
- Rico en ácidos grasos omega-3 de cadena larga EPA y DHA
- Contiene minerales; calcio, fósforo, magnesio, potasio y selenio
- Contiene vitaminas; B1, B2, B6 y B12
- Alta digestibilidad (Borghi, M. et al., 2020).

## EL GLUTEN DE MAIZ

El alimento de gluten de maíz es un subproducto de la molienda húmeda del maíz para producir almidón de maíz, edulcorantes, aceite y otros productos. El gluten de maíz es un ingrediente rico en fibra, con cantidades significativas de proteína y almidón nutritivos (Gulshan, 2015).

Este subproducto, se obtiene al separar la parte soluble y de la parte sólida, luego se divide por centrifugación el almidón y gluten. El maíz limpio se introduce en tanques de maceración para reblandecerlo con agua acidificada a pH 4.0 con dióxido de azufre, a una temperatura de 49 – 54°C durante 30 a 50 horas, lo que facilita la separación de la fécula y la proteína insoluble (Italcol, 2025)

Después de la maceración, el grano de maíz hinchado con 45% de agua; es prensado y luego molido en forma gruesa para permitir posteriormente el proceso de flotación y la separación del germen (Italcol, 2025)

La fracción de maíz sin germen pasa por una etapa de separación por mallas donde se obtiene la fracción fibrosa; el gluten y los almidones se separan por centrifugación. El gluten se concentra, se filtra y se seca para obtener el gluten de maíz (Italcol, 2025).

Producto rico en proteína, especialmente en pre-iniciadores e iniciadores donde se requiere materias primas con buena digestibilidad. Es un producto rico en proteína del perfil de los aminoácidos del maíz (Italcol, 2025).

**Tabla 1** *Composición Típica Nutricional*

Proteína	Min. 57-64.5%
Grasa	Max. 2%
Humedad	Max. 12%
Fibra	Max. 1.5%
Cenizas	Max. 1.5-3.5%

Italcol

## **Característica de la proteína de maíz**

- Rico contenido en proteínas
- Mayor vida útil
- Fácil de digerir
- Pureza (Gulshan, 2015).

El procesamiento y la fermentación del gluten de maíz con microorganismos (como levaduras o bacterias ácido-lácticas) es una técnica prometedora. Este proceso mejora la digestibilidad de la proteína al descomponerla en péptidos más pequeños y biodisponibles (Hui, et al., 2020). También puede degradar factores anti nutricionales y mejorar el perfil de aminoácidos del gluten de maíz, haciéndolo más apto para la nutrición de peces.

La harina de gluten de maíz (MGM) (proteína de maíz) es un subproducto significativo de la molienda húmeda de maíz que contiene al menos 60% de proteína y es rica en carotenoides que promueven la salud. La proteína de maíz no es lo mismo que el gluten de trigo que causa la enfermedad celíaca. El maíz contiene albúminas, globulinas, prolaminas (proteína zeína) y proteínas glutelinas (35%), con la proteína zeína contribuyendo con más del 50%. Una mezcla de proteína zeína y glutelinas, conocida industrialmente como gluten de maíz, es específica del endospermo. MGM contiene cantidades adecuadas de aminoácidos que contienen azufre, metionina y cisteína, involucrados en la síntesis de antioxidantes intracelulares. La composición de aminoácidos hidrofóbicos que contiene leucina, alanina y fenilalanina hace que las proteínas MGM sean una buena fuente de péptidos bioactivos. Sin embargo, debido a su composición desequilibrada de aminoácidos y a la baja solubilidad en agua de sus proteínas, el MGM se comercializa principalmente como materia prima o se desecha, pero no se utiliza para la producción de alimentos para consumo humano. No obstante, la hidrólisis de la harina de gluten de maíz puede proporcionar péptidos con propiedades antioxidantes y, por lo tanto, puede revalorizarse en alimentos o productos farmacéuticos (Thalli, S. et al., 2021).

El gluten de maíz es una alternativa prometedora y sostenible a la harina de pescado en la nutrición de la tilapia. Sin embargo, su uso óptimo depende de una formulación de dieta cuidadosa que aborde su deficiencia de lisina. La suplementación con aminoácidos sintéticos y la combinación con otras fuentes proteicas son las estrategias clave para lograr una alta inclusión sin afectar negativamente el rendimiento productivo. La investigación futura debe centrarse en la optimización de los niveles de inclusión y la exploración de tratamientos de preprocesamiento para maximizar la digestibilidad y el valor nutricional del GM, contribuyendo así a la sostenibilidad y rentabilidad de la acuicultura de tilapia a nivel global (Zhang, et al., 2020).

## **Cultivo y producción de tilapia**

La piscicultura es parte de la acuicultura cuyo objetivo es el cultivo racional de los peces, lo que comprende particularmente el control de su crecimiento y su reproducción. Se practica en estanques naturales o artificiales, donde se vigila, regula la multiplicación, alimentación y el crecimiento de los peces, así como la puesta en funcionamiento y mantenimiento de estos 4 recintos acuosos, en lugar de dejar a la naturaleza encargarse de estas cuestiones (Melo, 2022).

La producción de los cultivos acuícolas se ha aumentado notablemente en las últimas décadas y se posiciona como una de las actividades más relevantes para garantizar la seguridad alimentaria mundial. Entre las especies de importancia en acuicultura se encuentra la tilapia (*Oreochromis niloticus*), caracterizada por su rápido crecimiento y amplia adaptabilidad a distintos sistemas de cultivo, así como por su gran aceptación en el mercado internacional. Tales cualidades la convierten en una especie clave dentro de los programas de producción de proteína animal (Díaz, 2024).

El cultivo de tilapia puede realizarse en sistemas extensivos y semi-intensivos en estanques de tierra, el problema de la escasez mundial de agua dulce y la competencia con otras actividades productivas requiere que los sistemas en la producción sean altamente eficientes,

lo que ha provocado que el cultivo de tilapia pase gradualmente de sistemas tradicionales semi-intensivos a sistemas de producción más intensivos.

En este sentido, las tilapias siempre han sido consideradas como la especie ideal para el cultivo intensivo debido a los atributos de su especie, como su tolerancia a condiciones de altas densidades, rápido crecimiento, elevada productividad, por su resistencia al estrés, la manipulación y una variedad de condiciones ambientales (bajas concentraciones de oxígeno, diferentes salinidades) y la aceptación de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales (Avila, E. et al., 2017).

Desde un punto de vista biológico, la fase juvenil de la tilapia es muy susceptible a los cambios en la dieta, ya que son etapas que consolidan procesos metabólicos y establecen el ritmo de crecimiento; en consecuencia, introducir modificaciones en dietas con insumos energéticos como el maíz podría impactar en la eficiencia alimenticia, la composición de los tejidos y la calidad de la carne final, por lo que resulta fundamental establecer los efectos en dicha fase de desarrollo (Chamorro, 2022).

Las tilapias poseen una carne con una textura delicada e inigualable, con un gran sabor específico, cualidades que las hacen acreedoras a características especiales en la fase culinaria.

Sin embargo, estos matices sensoriales pueden alterarse ya que el tipo de dieta del pez puede variar tanto en cuanto a composición lipídica como en proporción de la humedad. Diversos estudios han demostrado que la tilapia puede utilizar dietas que contienen gluten de maíz, pero el nivel de inclusión óptimo es crítico para evitar efectos negativos en el crecimiento (Lim, 1999).

Las investigaciones han encontrado que dietas con sustituciones de hasta un 25% de la harina de pescado con gluten de maíz no muestran diferencias significativas en la ganancia

de peso, la tasa de crecimiento específico (TCE) o la conversión alimenticia (FCR) en tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Shoko, 2014).

En un estudio de Davies y Morris (1995) se encontró que la tilapia crecía bien con dietas que contenían hasta 20% de GM como con dietas de control basadas en harina de pescado. La mayoría de los estudios coinciden en que la inclusión de GM por encima del 50% de sustitución de la harina de pescado resulta en una disminución significativa del crecimiento y la eficiencia alimenticia (Lim, et al., 1998).

Esta reducción del rendimiento se atribuye principalmente al desbalance de aminoácidos, en particular la deficiencia de lisina, que limita la síntesis de proteínas musculares (Bureau, et al., 2000).

La digestibilidad de la proteína del GM en la tilapia es un factor determinante en su valor nutricional. Aunque es alta, no alcanza la digestibilidad de la harina de pescado (Abimbola, 2016).

La inclusión de niveles elevados de gluten de maíz en la dieta de peces puede presentar ciertas limitaciones nutricionales, como una menor retención de nitrógeno y una reducción en la deposición de lípidos en los tejidos (Yuan, et al., 2019).

Diversos estudios han demostrado que el procesamiento del gluten de maíz, particularmente mediante fermentación, mejora la digestibilidad de la proteína y el contenido de aminoácidos disponibles (Yan, et al., 2017). Asimismo, para maximizar su uso como ingrediente en dietas para tilapia, se han evaluado distintas estrategias de formulación, entre las cuales la suplementación con L-lisina ha sido identificada como una de las más efectivas para compensar la deficiencia de este aminoácido esencial en el gluten de maíz (Perez-Sanchez, et al., 2014).

La inclusión de lisina permite utilizar mayores niveles de gluten de maíz sin afectar el crecimiento de los peces (Saeid, 2012).

Algunos estudios han señalado que la suplementación con lisina en dietas formuladas con gluten de maíz permite mantener un adecuado crecimiento en tilapia, incluso cuando los niveles de inclusión del GM alcanzan o superan el 30 % (Requero, 2016).

En este sentido, la combinación del gluten de maíz con otras fuentes de proteína vegetal ricas en lisina, como la harina de soja o la harina de canola, ha sido propuesta como una alternativa para mejorar el balance nutricional de las dietas (Glencross, et al., 2007).

Este tipo de formulación aprovecha el contenido relativamente alto de metionina presente en el gluten de maíz y lo complementa con la elevada concentración de lisina característica de la harina de soja, lo que permite obtener un perfil de aminoácidos más equilibrado (Jian, et al., 2018).

En sectores tropicales y subtropicales, donde la tilapia presenta una demanda más elevada, el maíz es un recurso accesible y abundante. La inclusión del GM en la dieta de los peces en etapa juvenil no solo constituye la posibilidad de una oportunidad para la reducción de costos, sino que también constituye una forma de fortalecer la economía local mediante el uso de insumos agrícolas de producción local. Este vínculo existente entre acuicultura y agricultura vehiculiza la conexión sectorial y colabora, en consecuencia, a la economía circular y al desarrollo rural sostenible (Reategui, N. et al., 2022).

### **Sistemas de cultivo y densidad de siembra**

Dependiendo del sistema, manejo, disponibilidad de agua y cantidad de peces por área, el cultivo se puede considerar de las siguientes formas:

### ***Sistema extensivo***

Ideal para proyectos pequeños de subsistencia, con bajos o ninguna reposición de agua, baja densidad de siembra, sin uso de alimento concentrado, Este tipo de cultivo requiere escasa inversión, principalmente porque se capturan del medio en que se desarrolla un importante porcentaje de nutrientes, necesarios para su dieta. Para la estimulación de la productividad primaria del sistema, es común hacerlo mediante la fertilización orgánica de abonos de origen animal y subproductos agrícolas. De este modo, las densidades de cultivo son de 1 - 2 peces/m<sup>3</sup>, dependiendo del tamaño comercial establecido. Las producciones alcanzadas varían en torno a los 2 a 3 Ton/ha/año (tonelada x hectárea x año) se desarrollan como producciones de traspasio en las comunidades del oriente y costa (Melo, 2022).

### ***Sistema semi intensivo***

Este sistema requiere recambios de agua, cada semana del 50 al 60%. Siempre será necesario incorporar sistemas de filtración, para eliminar especies ajenas al cultivo, la alimentación, consiste en suministrar alimento artificial, con niveles de proteína acorde a la etapa fisiológica de los peces. La densidad de cultivo varía entre 3 y 8 peces/m<sup>3</sup> y se generan rangos de producción de 15 a 32 ton/ha/año (tonelada x hectárea x año), para factores de conversión alimenticia de 1.3 a 1.5 peces (Melo, 2022).

### ***Sistema intensivo***

Se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, especies sembradas y cosechadas; se usa una tasa de siembra mayor, ejerciendo mayor control sobre la calidad de agua (ya sea a través de aireación de emergencia o con recambios 16 diarios) y todo nutriente necesario para el crecimiento que proviene del suministro de un alimento completo. Para manejar un cultivo intensivo de tilapia, se requieren pilas de concreto que almacenen entre 100 a 500 m<sup>2</sup> o estanques de 500 a 3,000 m<sup>2</sup>. Al cultivo siempre se le incorpora un sistema de aireación, que funciona regido por el grado de intensidad de oxígeno. Este sistema está condicionado por la disponibilidad y calidad del agua (Melo, 2022).

En tilapia, investigaciones sobre el impacto de la densidad de población en cultivos de alevines y adultos, o en diversos sistemas de cultivo, como tanques, lagos y jaulas han mostrado la conexión directa entre la adecuada densidad de población y el desarrollo adecuado de los animales (Saraiva, J. et al., 2022).

En los sistemas de cultivo en jaulas, la alta densidad de siembra influye en el rendimiento de la tilapia, ya que afecta su supervivencia, el crecimiento, el comportamiento, la calidad del agua y la alimentación. Aumentar la densidad de tilapias puede aumentar el rendimiento total, pero reduce el crecimiento individual de los peces (Saraiva, J. et al., 2022).

En un estudio en Brasil, se encontraron las mejores tasas de crecimiento en tilapia (50 peces m<sup>3</sup>). Además, el riesgo de brote de enfermedades, mortalidad de peces y deformidades también es menor a baja densidad. En granjas comerciales, los principales factores predisponentes a los brotes de *Streptococcus iniae* son las altas densidades de población y las altas temperaturas del agua (Shoemarke, C. et al., 2000).

## **Nutrición y alimentación de las Tilapias**

Actualmente se tienen avances importantes en la nutrición y alimentación de las tilapias, enfocándose a los nutrientes requeridos para un mejor crecimiento, por ello los avances respecto a la proteína han sido desplazados al determinar los requerimientos a nivel de aminoácidos, sin embargo, para un balance adecuado de los requerimientos nutricionales, influyen factores como la edad del pez, la talla, así como la fuente de la proteína y la cantidad de energía que esta proporcione por ración (Torres-Novoa, 2012).

La fuente de energía en los alimentos es de gran importancia en la producción de tilapias, dado que influye en la eficiencia para el desarrollo del pez y se requiere en diferentes rutas metabólicas en las que se utiliza para un mejor crecimiento (Zafra-Trelles, A. et al, 2019).

Los requerimientos de energía canalizadas al mantenimiento de las tilapias son bajas debido a que no requieren regular la temperatura corporal, influyendo en un mejor rendimiento productivo (Torres-Novoa, 2012).

El rendimiento productivo de los cultivos de tilapia está influenciado significativamente por la nutrición y las prácticas de manejo alimenticio, por lo que es muy importante adoptar estrategias adecuadas para el correcto manejo de estos dos factores, con el fin de optimizar los rendimientos económicos (El-Sayed, A. et al, 2023).

Se han empleado diferentes estrategias en los alimentos y nutrientes para tilapia, desde establecer una formulación del alimento concentrado bien equilibrada, para complementar o sustituir a los alimentos naturales, hasta aditivos funcionales como enzimas, prebióticos, probióticos, estimulantes del consumo y el uso de hormonas, más aún, para promover un adecuado y mejor crecimiento de las tilapias, es necesario proporcionar un alimento de calidad y para las tilapias en jaulas implica un alimento natural (fitoplancton y zooplancton) o concentrado comercial. El alimento natural mejora la calidad nutricional de los peces y reduce la necesidad de suplementar alimento artificial en el cultivo en jaulas, sin embargo, también puede presentar deficiencias que llevan a una nutrición inadecuada aumentando la susceptibilidad a enfermedades (Masser, 2012).

## **Ciclo reproductivo de las tilapias**

Una parte importante del ciclo reproductivo de la tilapia consiste en el sexaje. Para esto se tienen en cuenta algunas características propias de cada sexo. En el macho, este posee dos orificios bajo el vientre que corresponden al ano y el orificio urogenital. Mientras tanto, en la hembra se observan tres orificios: el ano, el poro genital y el orificio urinario. El orificio urogenital es un punto muy pequeño. Finalmente, el orificio urinario de la hembra está en la hendidura perpendicular al cuerpo. La Tilapia alcanza su madurez sexual entre los 3 a 4 meses de edad. En este punto, su peso estará entre 50 y 100g y tendrá una longitud entre 10 y 12 cm. Estos son los parámetros óptimos para lograr un satisfactorio ciclo reproductivo de

la tilapia. Respecto a la temperatura, lo ideal para lograr el desove es entre 25-30°C. Esto va a permitir una cantidad de huevos entre 100 a 2000 por cada hembra (Sáenz, 2021).

El crecimiento de los peces depende de su tamaño o masa, de la disponibilidad de alimento, fotoperíodo, temperatura, oxígeno disuelto, concentración de amonio no ionizado y estrés, entre otros factores que al parecer influyen en la ingesta de alimentos de los peces (Brett, 1979); además, del tipo de alimento suministrado, y en algunos casos suplementado con diferentes compuestos como vitaminas, probióticos, harina de pescado y de granos de leguminosas, larvas de insectos, entre otras fuentes no convencionales, que también inciden sobre el crecimiento de los peces (Sánchez y Manzano, 2014; Musita et al. 2015; Marroquí, 2018). Castillo y Sánchez (2018), ratifican lo señalado por Brett (1979) y agregan que no solo afectan el crecimiento, sino también su reproducción (Adrianyela, Noriega-Salazar, et al., 2020).

El comportamiento reproductivo de estos peces lo diferencia de otros, pues en general la actividad reproductiva de las tilapias del género *Oreochromis* se lleva a cabo durante todo el año si las condiciones ambientales lo permiten, mostrando una reproducción precoz, ya que la maduración sexual ocurre a tallas por debajo de la talla comercial de 250 g aproximadamente, entre 50 a 100 g. Se observan diferencias de crecimiento entre macho y hembra, ya que el macho presenta mayor tasa de crecimiento y mayor eficiencia en la tasa de conversión alimenticia. Por tal motivo, la aplicación de tratamientos hormonales a alevines recién eclosionados ha permitido optimizar los rendimientos de biomasa obtenidos a escala comercial (Reyes, 2022).

En cuanto a su relación con la nutrición, los reportes indican que una alimentación nutritiva y bien balanceada favorece en gran medida las cualidades reproductivas en la tilapia y a su vez mejora la salud, previniendo algunas enfermedades, aunque un exceso de nutrientes en las dietas pudiera reducir los parámetros reproductivos, esto tiene sentido ya que las dietas con alto contenido de proteínas pueden ser benéficas para los procesos relacionados con la reproducción de los peces, siempre que este se encuentre bien balanceado (Reyes, 2022).

## Requerimientos medioambientales

Para el óptimo desarrollo de la tilapia se requiere que en el sitio de cultivo se mantengan los requerimientos medio ambientales entre los siguientes valores:

**Temperatura:** Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15 °C no crecen. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-29 °C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42 °C. La diferencia brusca de temperatura en el ambiente realiza cambios en el metabolismo de los peces, mientras la temperatura es mas alta, aumenta el consumo de oxígeno presente en el agua, si la temperatura es más baja de los promedios recomendados los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye. Es muy importante no someter a cambios brusco de temperatura a los peces para evitar estrés y mortalidad (Seraquive, 2023).

**Oxígeno Disuelto:** La disponibilidad de oxígeno es un cofactor fundamental para realizar un cultivo de tilapia, es un parámetro complicado de manejar ya que influye en las enfermedades, bajo rendimiento de conversión de alimentos y en las propiedades del agua. La variación en el nivel de oxígeno presente en el agua está ligado a varios parámetros como por ejemplo las altas temperaturas, la cantidad de microorganismos en el estanque (Seraquive, 2023). La tilapia soporta bajas concentraciones, aproximadamente 1 mg/l, e incluso en períodos cortos valores menores. A menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por consiguiente, el crecimiento de los peces. Lo más conveniente son valores mayores de 2 ó 3 mg/l, particularmente en ausencia de luz.

**pH:** El nivel de pH interviene cuando el agua es dura o blanda, el pez por lo general tiene un crecimiento constante en aguas de pH neutro o levemente alcalino, el crecimiento se ve afectado cuando el agua es acida, dando como resultado una disminución en el desarrollo del pez. Los valores óptimos de pH son entre 7 y 8. No pueden tolerar valores menores de 5, pero sí pueden resistir valores alcalinos de 11.

**Turbidez:** Se deben mantener 30 centímetros de visibilidad (lectura del Disco Secchi).

**Luz o Luminosidad:** La radiación solar influye considerablemente en el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, dando origen a la productividad primaria, que es la cantidad de plantas verdes que se forman durante un período de tiempo (Martínez, 2006).

## **Análisis bromatológico**

El análisis bromatológico comprende un conjunto de técnicas y procedimientos diseñados para determinar la composición de los alimentos. Este análisis incluye la cuantificación de macronutrientes como proteínas, carbohidratos y lípidos, así como de micronutrientes como vitaminas y minerales. También abarca la evaluación de contenido de agua, fibra, aditivos y contaminantes químicos, físicos o biológicos (Mexicano, 2025).

### ***Extracción Soxhlet.***

La extracción Soxhlet es una técnica utilizada para determinar el contenido de lípidos en alimentos, el método implica:

- Colocar la muestra en un cartucho de extracción dentro del aparato Soxhlet
- Utilizar disolvente orgánico que recircula continuamente hasta la extracción de los lípidos de las muestras.
- Evaporar el disolvente y pesar el residuo graso obtenido (De Castro, 2010).

Este método es reconocido por su eficacia en la extracción de lípidos y es ampliamente utilizado en el análisis de alimentos grasos (Luthria, 2008).

### ***Método de Kjeldahl***

El método Kjeldahl es una técnica analítica desarrollada en 1883 por el químico danés Johan Kjeldahl, utilizada para determinar el contenido de nitrógeno orgánico en una muestra. A

partir de este valor, es posible calcular el contenido de proteínas, ya que el nitrógeno constituye un componente esencial de estas biomoléculas (POBEL, 2025).

El procedimiento Kjeldahl consta de tres etapas: digestión, destilación y titulación. Cada una cumple un papel específico en la determinación precisa del nitrógeno total.

### ***Digestión***

La digestión es la primera fase del método y tiene como finalidad descomponer la materia orgánica de la muestra. Durante este proceso, el nitrógeno orgánico se transforma en iones amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). Para lograrlo, la muestra se calienta con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) concentrado en presencia de un catalizador, generalmente sulfato de cobre o de mercurio, y una sal que eleve el punto de ebullición, como el sulfato de potasio. El final de la digestión se reconoce cuando la mezcla adquiere un color transparente verdoso o azulado, indicando que la materia orgánica ha sido completamente oxidada.

### ***Destilación***

En la etapa de destilación, se libera el amoníaco generado durante la digestión. Para ello, la solución se alcaliniza mediante la adición de hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), lo que convierte los iones amonio en amoníaco gaseoso ( $\text{NH}_3$ ). El amoníaco se arrastra con vapor de agua hacia un recipiente que contiene una solución de ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) o un ácido estándar, donde es capturado para su posterior cuantificación.

### ***Titulación***

La titulación es la etapa final del método Kjeldahl. En esta fase, el amoníaco retenido en la solución ácida se determina volumétricamente mediante titulación con un ácido de concentración conocida, generalmente ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). El volumen de ácido consumido permite calcular la cantidad de nitrógeno presente en la muestra mediante una relación estequiométrica conocida (POBEL, 2025)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODO

#### AREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en el laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Naturales Universidad de Guayaquil, localizado en la Av. Raúl Gómez Lince s/n Av. Juan Tanca Marengo, coordenadas UTM: -2.145789, -79.916976 (Figura 1) Guayaquil, Guayas, Ecuador.

**Figura 1** *Ubicación Geográfica Laboratorio de Acuicultura*



Elaboración propia

#### DESCRIPCION DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

Se colocaron 250 juveniles de tilapia roja aleatoriamente en cinco tanques de capacidad de 1m<sup>3</sup> cada uno (Figura 2), los cuales fueron utilizados para el control y los tratamientos, consistentes en dietas que contienen 10%, 15%, 20%, 25% de Gluten de Maiz, y un testigo con dieta tradicional (22% proteína).

**Figura 2** *Distribución de Tanques*



Elaboración propia

El estudio experimental se realizó durante 90 días con juveniles de tilapia.

Se trabajaron en 5 tanques en donde se colocaron 50 organismos de tilapia en fase juvenil con un peso promedio de 48,52 gr, se prepararon las dietas asegurando la inclusión porcentual del gluten de maíz en el en cada tanque del grupo experimental.

**Tabla 2** *Tratamiento del Diseño Experimental*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>TIPO DE DIETA</b>	<b>% DEL GLUTEN DE MAÍZ</b>
T1	Control (Alimento comercial 22%)	0%
T2	Dieta con gluten de maíz	10%
T3	Dieta con gluten de maíz	15%
T4	Dieta con gluten de maíz	20%
T5	Dieta con gluten de maíz	25%

Elaboración propia

## RECEPCION DE PECES ETAPA JUVENIL

Los juveniles de tilapia roja fueron proporcionados por la tilapera “Natural Fish” ubicado en el cantón Yaguachi Provincia del Guayas. Los juveniles fueron trasladados hasta el laboratorio de acuicultura de la Facultad de Ciencias Naturales Universidad de Guayaquil donde fueron aclimatados y colocados en los estanques respectivos (figura 3).

**Figura 3** *Recepción de Peces (Juveniles de Tilapia)*



Elaboración propia

## CONTROL DE PARAMETROS

Los peces en fase juvenil se mantuvieron en condiciones controladas de temperatura, pH y oxígeno disuelto y turbidez, con recambios constante de agua al 25% cada 24 horas, se realizó el monitoreo de los parámetros diariamente y se aseguró un ambiente propicio para el crecimiento y desarrollo de las tilapias en fase juvenil. Los parámetros fueron controlados por un equipo multiparámetro marca HANNA (figura 4).

Los parámetros fueron evaluados a las 08h00 de cada día proporcionando los siguientes valores promedios: temperatura 28.5°C, Oxígeno disuelto 4.8 mg/L, turbiedad 30 cm (Disco Secchi), pH 6.5-7.5. El sistema de oxigenación se mantuvo durante todo el estudio con un Blower marca Thompsom de 1.5 HP.

**Figura 4** *Equipo Multiparámetro HANNA*



### **Control biológico: crecimiento y desarrollo (biometría)**

Los datos biométricos para el control de Peso y Talla (cm) fueron tomados al inicio del estudio y con intervalos regulares cada dos semanas, se llevó un registro detallado de los datos de crecimiento, incluyendo peso (gr) mediante la utilización de una balanza gramera (figura 5) y longitud total (LT) de los peces utilizando un ictiómetro (figura 6), además se analizó la tasa de crecimiento específica (TGC) en cada grupo experimental lo cual permitió comparar la longitud final de los peces en los diferentes tratamientos.

**Figura 5** *Control de Pesos*



Elaboración propia

**Figura 6** *Control de Tallas*



Elaboración propia

### **Control peso - talla**

- Ganancia de peso (GP):

Peso final – Peso inicial

- Tasa de crecimiento específica (TCE % día):

$[(\ln(\text{Peso final}) - \ln(\text{Peso inicial}) / \text{días de experimento}] \times 100$

$$TCE = \frac{\ln(W_f) - \ln(W_i)}{t} \times 100$$

- Incremento de longitud (IL):

Longitud final - Longitud inicial (cm).

- Factor de condición (K):

Peso total (g) / Longitud (cm)<sup>3</sup> × 100

$$K = \frac{W}{L^3} \times 100$$

- Sobrevivencia (%):

Número de peces finales/Número de peces iniciales  $\times 100$ .

$$\text{Supervivencia} = \left( \frac{N_f}{N_i} \right) \times 100$$

### **Eficiencia alimenticia:**

El registro de la cantidad de alimento consumido por cada grupo se obtuvo mediante el cálculo de la tasa de conversión alimenticia (FCA), se llevará el registro de la tasa de mortalidad en cada grupo (Alina, M. et, al., 2019).

- Tasa de conversión alimenticia (FCA):

Alimento consumido (g) / Ganancia de peso (g).

$$ICA = \frac{\text{Alimento consumido (g)}}{\text{Ganancia de peso (g)}}$$

- Eficiencia de retención proteica (ERP)

Ganancia de proteína corporal / Proteína consumida

- Eficiencia de retención lipídica (ERL)

Ganancia de lípidos corporales / Lípidos consumidos

- Ingesta diaria de alimento (IDA)

Alimento consumido (g/pez/día).

### **Descripción estadística**

Los datos correspondientes al crecimiento y a la conversión alimenticia se analizaron mediante estadística descriptiva y comparativa. Se realizó una prueba de normalidad Shapiro-Wilk y se confirmó que los datos responden a una distribución normal. Para cada tratamiento se calcularon la media, la desviación estándar, así como los valores mínimos y máximos.

Las diferencias en cada uno de los tratamientos fueron evaluados a través de un análisis de varianza de una vía (ANOVA) considerando nivel de significancia estadística  $p < 0,05$ . Las diferencias significativas fueron evaluadas mediante la prueba de post hoc Tukey, la eficiencia productiva fue evaluada mediante el cálculo de coeficiente de correlación de Pearson entre variables y la longitud estándar.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSION

#### RELACIÓN PESO-TALLA

Se realizo el análisis estadístico de los 5 tratamientos de los cuales se obtuvieron los promedios de pesos y tallas realizados durante 5 muestreos (tabla 3).

Una vez contrastada la normalidad de los datos con una prueba Shapiro-Wilk W, se procedió a realizar la prueba ANOVA.

**Tabla 3** Pesos-Tallas de los Tratamientos

M	control		Tanque 1		Tanque 2		Tanque 3		Tanque 4	
	Peso (gr)	Talla (cm)	Peso (gr)	Talla (cm)	Peso (gr)	Talla (cm)	Peso (gr)	Talla (cm)	Peso (gr)	Talla (cm)
1	48,67	14,48	53,52	15,05	53,92	15,28	52,84	15,03	54,15	16,05
2	81,83	17,72	83,74	17,84	84,75	17,82	85,56	17,93	86,28	18,12
3	86,54	18,04	90,36	18,22	95,43	18,47	99,53	18,51	109,52	18,67
4	124,57	19,12	125,81	19,62	126,51	19,81	127,42	19,93	128,74	20,18
5	127,26	20,11	130,45	20,43	132,63	20,89	134,51	20,96	138,84	21,03

Elaboración propia

#### Prueba Post-Hoc (Tukey HSD)

El análisis de varianza nos dice que "hay diferencias", pero la prueba de Tukey nos dice "dónde" están esas diferencias comparando todos contra todos los tratamientos:

- Control vs. Gluten 10%: No significativa con  $p > 0.05$ . El cambio es leve.
- Control vs Gluten 25%. Significativo con  $p < 0.01$ . indicando un crecimiento más robusto.
- Gluten 20% vs Gluten 25%. Significativo con  $p < 0.05$ . Con los niveles altos en gluten (25%) indica una diferencia real.

## ANÁLISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS

En el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los datos de crecimiento pudo determinar la presencia de diferencias estadísticamente significativas con un  $p < 0.05$  entre los diferentes tratamientos evaluados, el Valor  $p$  (0.008) es menor a 0.05, por lo tanto, rechazamos la Hipótesis Nula. Los resultados muestran que los niveles de inclusión de gluten de maíz tienen incidencia sobre el peso final en los peces, el análisis post hoc de Tukey nos indica que el tratamiento con 25% de gluten presenta diferencias significativas respecto al control (alimento comercial), se refleja un aumento en el rendimiento productivo observándose un incremento aproximado del 9,10% en la biomasa final. También se evidencia una excelente relación Peso-Talla. En conjunto todos los tratamientos muestran una respuesta asociada al nivel de inclusión del gluten de maíz, lo que nos indica, que el gluten de maíz no solo puede emplearse en la sustitución proteica ya que influye directamente en el crecimiento.

## GANANCIA DE PESO

Para obtener la ganancia de peso (GP) en cada uno de los tratamientos se tomó como referencia el peso final menos el peso inicial (Tabla 4). Mediante estos datos se pudo determinar el peso absoluto y el peso relativo (Tabla 5).

**Tabla 4** *Ganancia de Peso (GP)*

<b>CONTROL</b>		<b>TANQUE 1</b>		<b>TANQUE 2</b>		<b>TANQUE 3</b>		<b>TANQUE 4</b>	
peso final	peso inicial	peso final	peso inicial	peso final	peso inicial	peso final	peso inicial	peso final	peso inicial
127,26	48,67	130,45	53,52	132,63	53,92	134,51	52,84	138,84	54,15
<b>GP</b>	<b>78,56</b>	<b>76,93</b>		<b>78,71</b>		<b>81,67</b>		<b>84,69</b>	

Elaboración propia

**Tabla 5** *Peso Absoluto-Peso Relativo*

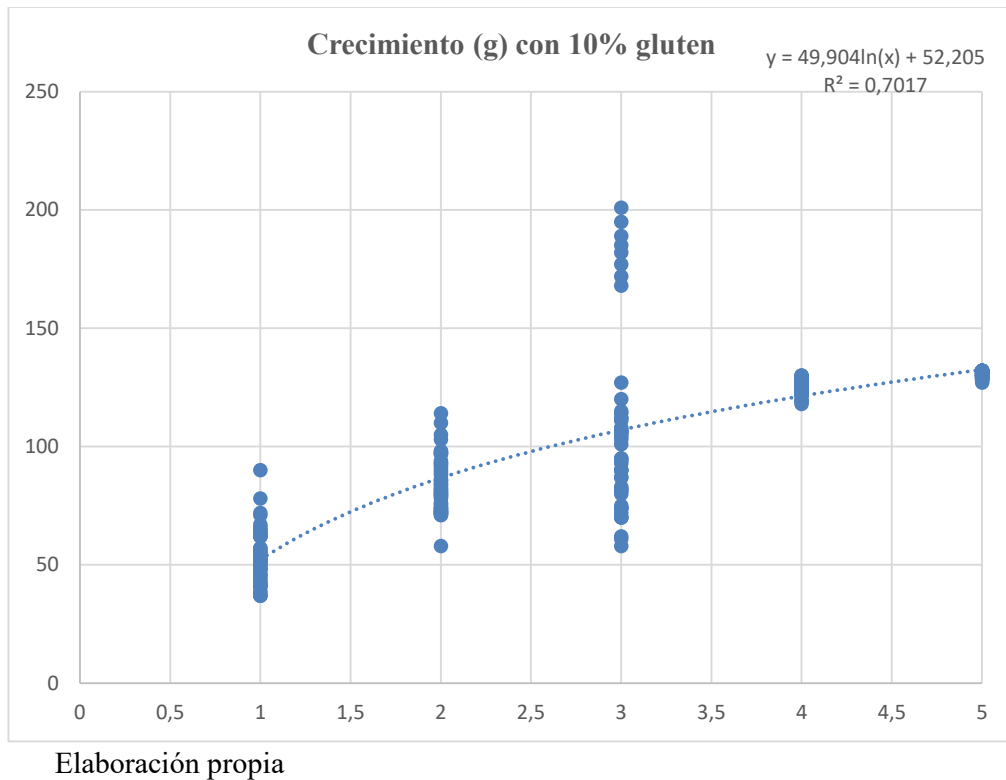
<b>Tratamiento</b>	<b>Peso Inicial (gr)</b>	<b>Peso Final (gr)</b>	<b>GP Absoluta (gr)</b>	<b>GP Relativa (%)</b>
Control	48.67	127.26	78.59	161.5%
Gluten 10% (E1)	53.52	130.45	76.93	143.7%
Gluten 15% (E2)	53.92	132.63	78.71	145.9%
Gluten 20% (E3)	52.84	134.51	81.67	154.5%
Gluten 25% (E4)	54.15	138.84	84.69	156.4%

Elaboración propia

### **ANÁLISIS DE LA GANANCIA DE PESO**

El análisis de la Ganancia de Peso (GP) evidenció una respuesta diferencial en función del nivel de inclusión del gluten de maíz, identificándose un punto de inflexión productiva a partir del 20% de suplementación. El tratamiento con la inclusión de maíz al 25% alcanzó la mayor eficiencia con una ganancia absoluta de 84,89 g, esto refleja una superioridad del 7,76% con relación al control que obtuvo valores de 78,56 g. Los niveles de inclusión del gluten de maíz inferiores al 15% mostraron una ganancia de peso significativamente menor al control lo que indica que para superar los estándares nutricionales del control se sugiere un gluten de maíz igual o superior al 20%, estos resultados confirman que la dieta con mayor nivel de gluten de maíz potencia el anabolismo muscular, maximizando en gran medida el aprovechamiento del alimento dentro del tratamiento.

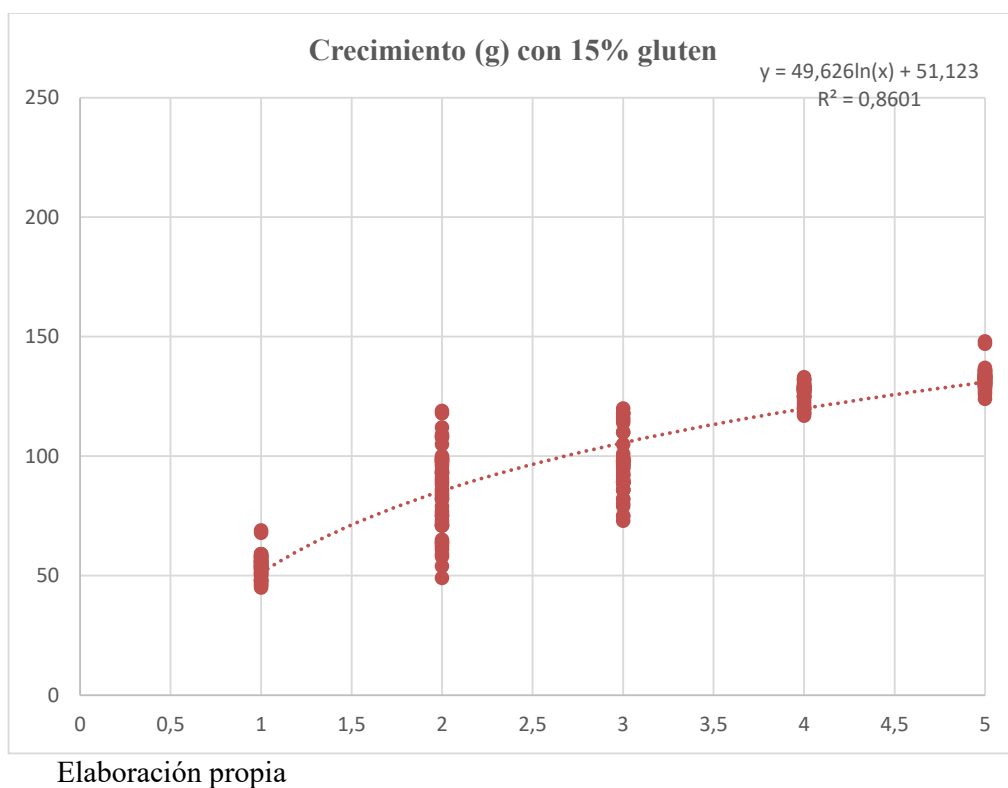
**Gráfico 1** *Peso vs Gluten 10%*



**Análisis del gráfico 1**

La ecuación logarítmica presenta un  $R^2 = 0,7017$ , lo que indica una relación moderada entre el nivel de gluten y el peso, se aprecia una gran dispersión de los datos específicamente en los niveles intermedios (2y3) lo cual sugiere, en esta fase el gluten de maíz aun no es completamente consistente ya sea por la adaptación a la digestibilidad o por la variabilidad individual. En las etapas iniciales, los juveniles de tilapia no aprovechan de forma eficiente las dietas con inclusión de gluten.

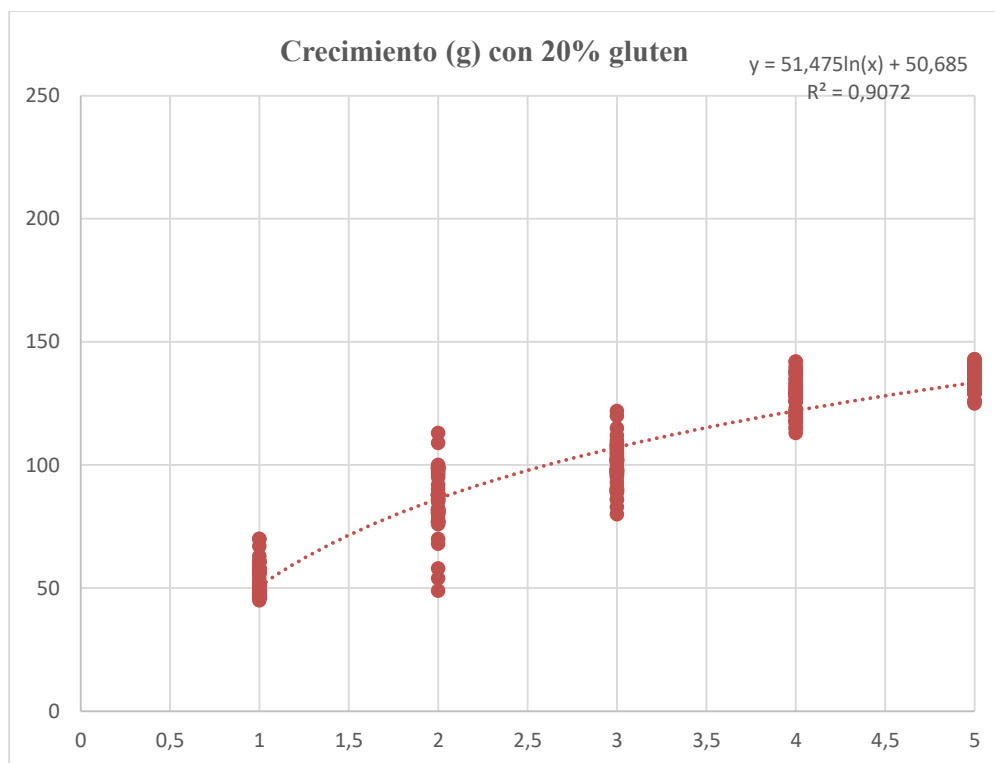
**Gráfico 2** *Peso vs Gluten 15%*



**Análisis del gráfico 2**

El coeficiente de determinación aumenta a  $R^2 = 0,8601$ , indicando una relación fuerte, la dispersión disminuye y el crecimiento es más uniforme conforme aumenta el nivel del gluten de maíz, se evidencia una respuesta positiva clara a la inclusión del ingrediente proteico. A partir de este tratamiento los juveniles de tilapia roja muestran una mejor capacidad en la utilización del gluten de maíz.

**Gráfico 3** *Peso vs Gluten 20%*

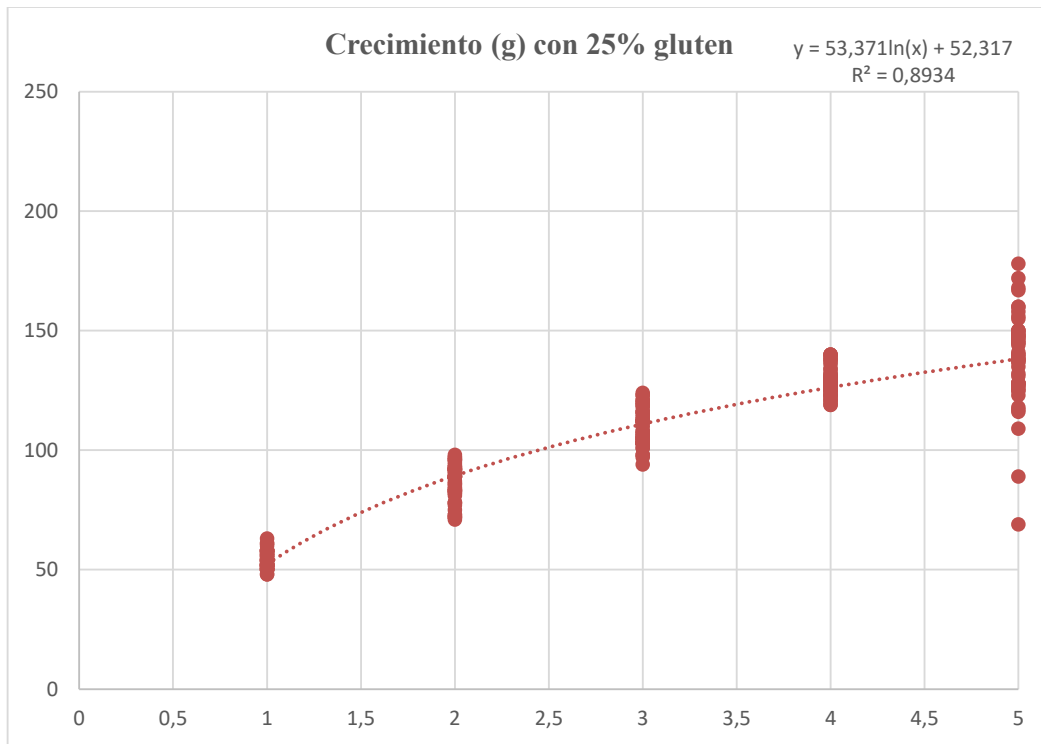


Elaboración propia

### ***Análisis del gráfico 3***

Se presenta el mayor ajuste estadístico ( $R^2 = 0,9072$ ). El incremento del peso es progresivo y consistente con el aumento del nivel del gluten de maíz, se observa una respuesta óptima del crecimiento, este resultado indica que los juveniles de tilapia se encuentran en una fase fisiológica en la cual el gluten de maíz es de gran eficiencia para incrementar el crecimiento.

**Gráfico 4** *Peso vs Gluten 25%*

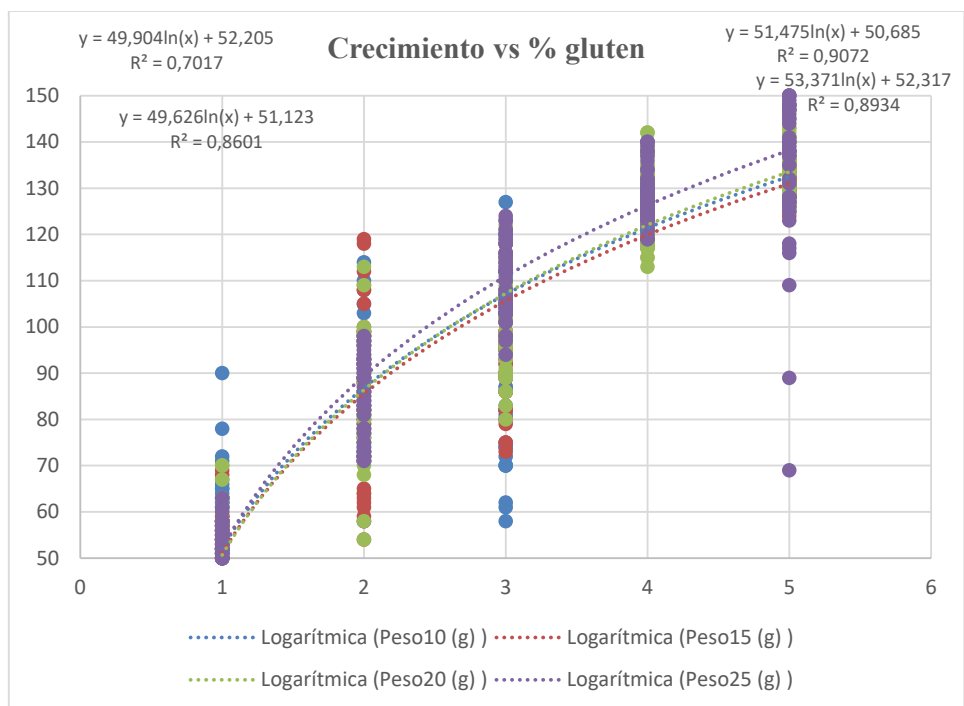


Elaboración propia

***Análisis gráfico 4***

El  $R^2$  disminuye ligeramente a 0,8934, aunque sigue siendo alto, aparece una mayor dispersión en el nivel más alto de gluten. Esto podría indicar variabilidad individual o un posible inicio de saturación nutricional. Los niveles altos en gluten de maíz no proporcionan incremento en el peso de los organismos.

**Gráfico 5** *Relación General Peso vs Gluten*



Elaboración propia

Los gráficos muestran la relación entre el peso corporal de los juveniles de tilapia y diferentes niveles de inclusión del GM en la dieta (1 a 5), evaluados en distintos momentos o tratamientos (10%, 15%, 20% y 25%). En todos los casos, el modelo que mejor describe la relación es de tipo logarítmico, lo cual es común en estudios de crecimiento animal donde la ganancia de peso es mayor en las primeras fases y tiende a estabilizarse posteriormente.

### TASA DE CRECIMIENTO ESPECIFICA

La tasa de crecimiento específica se obtuvo mediante la resta del logaritmo natural del peso final menos el logaritmo natural del peso inicial (Tabla 6). Con estos datos se pudo realizar la interpretación de la TCE % día<sup>-1</sup> (Tabla 7)

**Tabla 6** *Tasa de Crecimiento Especifica*

CONTROL	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	TANQUE 4
1,06	0,98	1,00	1,03	1,04

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7 Interpretación de la tasa de Crecimiento Especifica**

<b>Tratamiento</b>	<b>SGR (% día<sup>-1</sup>)</b>	<b>Interpretación</b>
Control	1,06	Máximo aprovechamiento relativo.
Gluten 10% (E1)	0,98	Desempeño más bajo.
Gluten 15% (E2)	1	Recuperación de la tasa de crecimiento.
Gluten 20% (E3)	1,03	Crecimiento eficiente, cercano al control.
Gluten 25% (E4)	1,04	Máximo crecimiento dentro de los grupos experimentales.

Elaboración propia

### ANÁLISIS DE LA TASA DE CRECIMIENTO ESPECIFICA

En el análisis de la Tasa de Crecimiento Específico (SGR) se establece que, aunque el tratamiento con gluten de maíz al 25% generó la mayor acumulación de biomasa absoluta, el grupo Control mantuvo la mayor eficiencia relativa con un 1,06% día<sup>-1</sup>. No obstante, dentro de los grupos experimentales con GM, se observó una respuesta lineal ascendente (0,98 a 1,04%), lo que demuestra que el incremento en la densidad del GM compensa la disminución metabólica natural del crecimiento asociada a tallas mayores. Estos valores de SGR, superiores al 1% en casi todos los niveles, confirman que las dietas experimentales mantienen estándares de crecimiento óptimos para la especie, siendo el nivel del 25% el más efectivo para maximizar el peso final.

### INCREMENTO DE LONGITUD

El incremento de longitud (IL) se obtuvo restando la longitud final menos la longitud inicial (cm), (Tabla 8).

**Tabla 8 Incremento de longitud**

<b>CONTROL</b>		<b>TANQUE 1</b>		<b>TANQUE 2</b>		<b>TANQUE 3</b>		<b>TANQUE 4</b>	
Longitud final	longitud inicial	Longitud final	longitud inicial	Longitud final	longitud inicial	Longitud final	longitud inicial	Longitud final	longitud inicial
20,11	14,48	20,43	15,05	20,89	15,28	20,96	15,03	21,03	16,05
<b>5,63</b>		<b>5,38</b>		<b>5,61</b>		<b>5,93</b>		<b>4,98</b>	

Elaboración propia

## ANALISIS DEL INCREMENTO DE LONGITUD

El Incremento de Longitud (IL) muestra una estabilidad estructural en todos los tratamientos, con un rango de crecimiento lineal entre 4,98 y 5,93 cm. El mayor incremento se registró en el tratamiento con 20% de gluten de maíz, sugiriendo un óptimo desarrollo óseo para este nivel. No obstante, al contrastar estos resultados con la ganancia de peso, se observa que el tratamiento al 25% del gluten de maíz lo cual prioriza la acumulación de biomasa sobre el estiramiento longitudinal, lo que resulta en un coeficiente de condición superior.

## FACTOR DE CONDICION (K)

El Factor de condición (K) se estableció el Peso total (g) de los organismos sobre la longitud (cm)<sup>3</sup> × 100 se determina el estado de salud y robustez de los organismos (Tabla 9).

**Tabla 9** *Factor de condición K*

CONTROL	TANQUE 1	TANQUE 2	TANQUE 3	TANQUE 4
1,56	1,52	1,45	1,46	1,49

Elaboración propia

## ANALISIS DEL FACTOR DE CONDICION K

El Factor de Condición (K) promedio para todos los tratamientos se situó en un rango de 1,45 a 1,56, valores que denotan un estado nutricional y sanitario óptimo para juveniles de tilapia. El grupo control presentó el mayor índice (1,56), lo cual podría estar asociado a la madurez gonadal y el inicio de la fase reproductiva, factores que incrementan el peso relativo. No obstante, la dieta con 25% de gluten mantuvo un factor de 1,49, demostrando que este nivel de inclusión promueve un crecimiento armónico y proporcional entre la masa muscular y la longitud ósea, garantizando ejemplares con una conformación corporal competitiva para el mercado.

## **SOBREVIVENCIA**

El porcentaje de sobrevivencia se estableció considerando el número de peces finales sobre Número de peces iniciales  $\times 100$  en cada estanque, de los 5 tratamientos se produjo mortalidad en el tanque 1 con una mortalidad de 4 individuos, el resto de los tanques no demostraron mortalidad (tabla 10).

**Tabla 10** *Sobrevivencia*

<b>SOBREVIVENCIA</b>	
96,8	
Elaboración propia	

## **ANALISIS DE LA SOBREVIVENCIA**

La tasa de sobrevivencia del estudio se situó en un 96,8%, valor que supera los estándares comerciales y experimentales para la cría de tilapia. Este porcentaje refleja una alta bio-estabilidad del sistema y demuestra que la inclusión de gluten no induce efectos adversos sobre la salud o resistencia inmunológica. La baja tasa de mortalidad registrada, incluso durante la fase de madurez sexual y comportamiento reproductivo, valida la inocuidad nutricional y confirma que los niveles de sustitución proteica son biológicamente viables.

## **FACTOR DE CONVERSION ALIMENTICIA**

El factor de conversión alimenticia (FCA) se estableció manteniendo la relación del alimento consumido (g) sobre la ganancia de peso (g) (tabla 11).

**Tabla 11** *Factor de Conversión Alimenticia*

<b>FCA</b>									
<b>CONTROL</b>		<b>TANQUE 1</b>		<b>TANQUE 2</b>		<b>TANQUE 3</b>		<b>TANQUE 4</b>	
<b>PF-PI</b>	<b>C.A</b>	<b>PF-PI</b>	<b>C.A</b>	<b>PF-PI</b>	<b>C.A</b>	<b>PF-PI</b>	<b>C.A</b>	<b>PF-PI</b>	<b>C.A</b>
3299,52	1969,42	3846	2500,25	3934	2565,75	4083	2499,3	4212,5	2585,45
0,597		0,650		0,627		0,612		0,614	

Elaboración propia

## **ANALISIS DEL FACTOR DE CONVERSION ALIMENTICIA**

El Factor de Conversión Alimenticia promedio obtenido en los tratamientos evaluados fue de 0,62, valor que indica un aprovechamiento eficiente del alimento suministrado. Entre los grupos experimentales, el tratamiento con 25 % de inclusión de gluten de maíz presentó el mejor desempeño, con un FCA de 0,614 y la mayor producción de biomasa total registrada (4212,5 g). De manera general, se observó una disminución progresiva del FCA conforme aumentó el nivel de inclusión del gluten, lo que sugiere un mejor aprovechamiento del alimento en las dietas con mayor proporción de este ingrediente. Este comportamiento podría estar relacionado con mejoras en la digestibilidad de la ración y en la utilización de la proteína vegetal para el crecimiento corporal.

Importante detallar que durante el estudio se dio la reproducción de los organismos los cuales se encontraban en etapa de madurez sexual, lo cual implica una distribución de la energía metabólica dirigida hacia el desarrollo gonadal lo cual se refleja en una reducción del crecimiento somático y ligeras variaciones del factor de condición K. A pesar de este gasto energético extra el tratamiento del 25% del gluten de maíz logró mantener un crecimiento superior. Esta tendencia se evidencio en los tratamientos con inclusión de gluten de maíz, se logró compensar el gasto energético, la elevada tasa de supervivencia (96,8%) lo cual indica que la inclusión proteica con el gluten de maíz no afectó negativamente la viabilidad de los organismos esto permitió establecer una adecuada condición biológica en todo el estudio.

En los tratamientos con inclusión de gluten de maíz más bajos 10 y 15% el desempeño no supero al control abastecido con el alimento comercial, sin embargo, la inclusión con niveles entre los 20 y 25% se evidencio una gran asimilación de los nutrientes lo que alcanzo mejores pesos finales en menor tiempo, los resultados respaldan el uso del gluten de maíz para la inclusión en las dietas de las tilapias.

## **Análisis descriptivo de las dietas en la composición bromatológica corporal**

La composición bromatológica es un indicador importante para evaluar la eficiencia nutricional de los tratamientos lo cual refleja la capacidad de los organismos para transformar los nutrientes ingresados al cuerpo del organismo en tejido corporal.

### ***Proteína corporal***

El contenido de proteína corporal tiende a incrementarse en el momento que la dieta aporta fuentes proteicas con una adecuada digestibilidad y un favorable de aminoácidos, el gluten de maíz, al tratarse de una fuente vegetal concentrada de proteína, mostró un efecto positivo sobre la síntesis de tejido muscular cuando se incorporó en niveles adecuados dentro de la dieta. A niveles moderados de inclusión, se observa una mayor deposición proteica, asociada al mejor crecimiento registrado, los incrementos en proteína corporal indican aprovechamiento eficiente del nitrógeno dietario, si la inclusión es excesiva, puede producirse una ligera estabilización debido a limitaciones en aminoácidos esenciales (ej. lisina), lo cual reduce la eficiencia de utilización.

### ***Lípidos corporales***

Cuando la energía es necesaria para el mantenimiento y crecimiento los peces tienden almacenar grasas, los tratamientos con inclusión moderada de gluten de maíz generan un aumento moderado de lípidos, lo cual indica un adecuado balance energético, los aumentos excesivos indican una utilización energética menos eficiente estableciendo una menor relación proteína/energía. La grasa corporal funciona como reserva energética, las acumulaciones elevadas de grasa podrían afectar la calidad final del producto.

### ***Fibra corporal***

La fibra corporal en peces suele mantenerse baja debido a su limitada capacidad para digerir carbohidratos estructurales. El gluten de maíz contiene niveles relativamente bajos de fibra, no se esperan cambios significativos en la fibra corporal, variaciones pequeñas pueden deberse más al contenido de ingredientes acompañantes que al gluten propiamente dicho.

### ***Cenizas***

Las cenizas reflejan la mineralización de los tejidos óseos y el equilibrio mineral de los tratamientos, los valores constantes entre las dietas indican un perfecto suministro de minerales, las leves variaciones se podrían asociar al crecimiento acelerado, la estabilidad en las cenizas refleja que el gluten de maíz no afecta negativamente el metabolismo mineral ni la formación estructural de los organismos.

### ***Humedad corporal***

La humedad suele tener una relación inversa con el contenido de lípidos y proteína, a medida que aumenta la deposición de proteína y grasa, la humedad tiende a disminuir ligeramente, una reducción moderada de humedad está asociada a mayor densidad corporal y mejor condición fisiológica.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación demostró que la inclusión de gluten de maíz en la dieta de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis* sp) es una alternativa biológicamente viable y eficiente la cual genera un efecto positivo en el rendimiento biométrico del pez, los resultados identifican al tratamiento con el 25% de inclusión de gluten de maíz, como el nivel óptimo para maximizar el peso final y la biomasa final de 4212,5 g. y un factor de conversión alimenticia altamente competitivo de 0,614, superando los estándares del alimento comercial convencional. Los resultados validan al gluten de maíz como un ingrediente estratégico para sustituir las fuentes proteicas tradicionales impulsando una producción acuícola más económica y sostenible.

#### **Efecto de las dietas sobre el crecimiento**

Los resultados obtenidos en el presente estudio evidencian que la inclusión de gluten de maíz (GM) en la dieta tiene un efecto significativo sobre el crecimiento de juveniles de tilapia. A medida que aumentó el nivel de inclusión del ingrediente, se observó una mejora progresiva en variables clave como el peso final, la longitud corporal y la ganancia total de biomasa. En particular, los tratamientos que incorporaron 20% y 25% de gluten de maíz mostraron los mejores desempeños productivos, lo que sugiere una relación positiva entre el nivel de inclusión del ingrediente y el crecimiento corporal de los organismos. Los datos son congruente con los evidenciados en la literatura científica en donde se indica que las fuentes proteicas vegetales con alta digestibilidad pueden sustituir de manera parcial a la harina de pescado si que se comprometa el crecimiento del organismo, siempre y cuando las dietas sean formuladas de manera equilibrada y balanceada, de esta manera, el gluten de maíz se muestra como una gran alternativa de manera viable para las formulaciones nutricionales controlando adecuadamente la inclusión del gluten de maíz y evitar un posible desbalance nutricional.

### **Impacto en la composición bromatológica corporal**

El análisis bromatológico corporal evidencio que la inclusión del gluten de maíz influyo en la inclusión de proteínas y lípidos en los tejidos de los organismos, mientras tanto la ceniza, humedad y fibra se mantuvieron en los diversos tratamientos, este comportamiento indica que el gluten de maíz actúa de forma eficiente como una gran fuente proteico-energética, lo cual favorece al aprovechamiento de los nutrientes sin alterar de manera negativa la composición corporal. La estabilidad observada en los componentes minerales y en el contenido de humedad sugiere que la inclusión del gluten de maíz no afectó el estado fisiológico ni la calidad corporal de los organismos. Estos hallazgos concuerdan con estudios previos que destacan la elevada digestibilidad del gluten de maíz y su capacidad para contribuir a una adecuada retención de proteína y lípidos cuando se incorpora en niveles controlados dentro de la dieta.

### **Eficiencia alimenticia y supervivencia**

La eficiencia alimenticia de los tratamientos con mayores inclusiones del gluten de maíz presentó valores concurrentes de conversión alimenticia con una alta tasa de supervivencia, la dieta con el 25% de inclusión de gluten de maíz se destaca como el mas eficiente en condiciones de productividad general. Lo cual refleja un uso adecuado del alimento acompañado de una gran respuesta fisiológica de las tilapias frente a los tratamientos suministrados. Estos resultados reflejan que las tilapias poseen una alta capacidad para la utilización de proteínas de origen vegetal siempre y cuando las formulaciones para las dietas mantengan un balance de aminoácidos esenciales, la inclusión del gluten de maíz entre el 20% y 25% se alinea como una gran estrategia nutricional viable en la alimentación de las tilapias en fase juvenil, lo cual permite mejorar el rendimiento productivo y a la vez reducir la dependencia de ingredientes tradicionales como la harina de pescado con mayor costo, todo esto contribuye hacia el desarrollo de un sistema acuícola más sostenible y eficientemente económico.

## **RECOMENDACIONES**

Utilizar la inclusión del gluten de maíz entre el 20% y 25% ya que en este rango se observó un mayor desempeño en el crecimiento y la eficiencia alimenticia sin que afecte de manera negativa en la composición corporal de los peces.

Considerar la suplementación con aminoácidos esenciales, particularmente lisina, en futuras formulaciones dietéticas, con el fin de corregir posibles limitaciones aminoacídicas propias del gluten de maíz y asegurar un adecuado balance nutricional, tal como lo señala el marco teórico.

Realizar estudios a mayor escala y bajo condiciones comerciales, que permitan validar los resultados obtenidos a nivel experimental y estimar de manera más precisa el impacto productivo y económico del uso del gluten de maíz en sistemas de cultivo intensivos.

Importante evaluar el efecto del gluten de maíz en otras etapas del ciclo productivo en las tilapias en donde se podrían incluir engorde y reproducción para de esta manera ampliar la aplicabilidad de los resultados y comprender el impacto a lo largo de todas las etapas del crecimiento del organismo.

Impulsar investigaciones complementarias orientadas hacia la digestibilidad, calidad en el filete y la evaluación sensorial, de tal forma que se fortalezca la base científica para la adopción de dietas elaboradas con ingredientes vegetales sostenibles en el campo de la acuicultura.

Los resultados del estudio experimental demuestra que la inclusión del gluten de maíz es una estrategia para la incorporación de fuentes proteicas vegetales para la formulación de dietas acuícolas, lo cual constituye una alternativa nutricional eficiente y viable técnicamente, el impacto positivo sobre el crecimiento y la eficiencia alimenticia con el uso del gluten de maíz lo cual representa un avance significativo en el desarrollo de los sistemas productivos sostenibles, rentables y alineados a las demandas actuales de la acuicultura a nivel mundial.

## Bibliografía

- Abimbola, A. &. (2016). In *Effects of replacing fish meal with corn gluten meal on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus)*. *International Journal of Aquatic Science*, (pp. 22-29).
- Adrianyela, Noriega-Salazar, et al. (2020). Crecimiento y sobrevivencia de juveniles de tilapia roja con dietas suplementadas de vitaminas C y E. *Revista Ciencias UNEMI*, 13(34), 16-27. Retrieved from <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1082/1162>
- Alina, M. et, al. (2019, Julio 15). Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var. suprema (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado, Trujillo, La Libertad, Perú. La Libertad, Peru. doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26219>
- Aroldo Botello, et al. (2011, febrero). Sustitución de la harina de pescado por harina de caña proteínica para la engorda de tilapia roja. *SciELO*, 45(1).
- Avila, E. et al. (2017). In *Estrategias para la prevencion y control de las enfermedades parasitarias de las tilapias* (pp. 25-31). Acta agricola y pecuaria.
- Borghi, M. et al. (2020). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta industrial de harina y aceite de merluza*. Buenos Aires.
- Bureau, et al. (2000). In *Protein and amino acid requirements and their utilization by fish. Nutritional Biochemistry of the Aquatic Organisms*, (pp. 235-263).
- Chamorro, J. E. (2022). Evaluacion de diferentes niveles de harina de lenteja de agua (Lemma minor) en la alimnetacion de tilapia roja. Retrieved from <https://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/16273>
- David, R. (2012). Niveles de sustitucion de harina de pescado por harina de Arthrospira (=spirulina) maxima en dietas experimentales para alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp). *SciELO*.
- Davies, F. (2001). Use of defatted corn gluten meal as a protein source in practical diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*.
- De Castro, M. &.-C. (2010). *Soxhlet extraction: Past and present panacea*.
- Diaz, J. (2024). *Evaluación de las microalgas asociadas al cultivo de tilapia (Oreochromis sp) en el sistema Biofloc*. Retrieved from <https://jadimike.unachi.acpa/handle/123456789/1450>
- El-Hanafi, et al. (2021). In *Substituting fish meal with corn gluten meal and synthetic lysine in Nile tilapia diets: effect on growth and feed utilization*. *Fish and Shellfish Immunology* (pp. 230-239).
- El-Sayed, A. et al. (2023). In *Metal-amino acid complexes (Zn, Se, Cu, Fe, and Mn) enhance immune response, antioxidant capacity, liver function enzymes, and expression of cytokine genes in Nile Tilapia reared under field conditions*. (pp. 248-262). *Journal of Aquatic Animal Health*.
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Roma.
- Gatlin, et al. (2007). In *Effect of alternative protein sources on growth and feed efficiency of rainbow trout*. *Aquaculture Nutrition*.
- Gatlin, et al. (2007). *Effect of alternative protein sources on growth and feed efficiency of rainbow trout*. *Aquaculture Nutrition*.
- Gaviria, et al. (2011). Efectos de la inclusion del ensilado quimico de visceras de tilapia roja (*oreochromis spp*) en dietas para pollos. 32. doi:<https://doi.org/10.4067/SO718-07642021000300079>
- Glencross, et al. (2007). In *En este sentido, la combinación del gluten de maíz con otras fuentes de proteína vegetal ricas en lisina, como la harina de soja o la harina de canola, ha sido propuesta como una alternativa para mejorar el balance nutricional de las dietas* (pp. 1-10).
- Gonzales Salas, et al. (2014, Enero). Los productos y subproductos vegetales, marinos y agroindustriales: Una alternativa para la alimentacion de las tilapias. *Revista Bio-ciencias*.

doi:<http://dx.doi.org/10.15741/revbio.02.04.02>

- Gonzalez, e. a. (2014, Enero). Los productos y subproductos vegetales, animales y agroindustriales. Una alternativa para la alimentación de la tilapia. La Habana, Cuba: Revista Bio-ciencias.
- Gulshan. (2015). Retrieved from [https://www.gulshanindia.com/corn\\_gluten.html](https://www.gulshanindia.com/corn_gluten.html):  
[https://www.gulshanindia.com/corn\\_gluten.html](https://www.gulshanindia.com/corn_gluten.html)
- Horwitz. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*.
- Hui, et al. (2020). In *Improving the nutritional value of corn gluten meal for aquaculture through microbial fermentation* (pp. 701-710). Aquaculture Research.
- Italcol. (2025). Retrieved from <https://italcol.com/producto/gluten-de-maiz-ecuador/>:  
<https://italcol.com/producto/gluten-de-maiz-ecuador/>
- Jacome, J. (2019). *Tilapias en Ecuador: Paradoja entre la produccion acuicola y la produccion de la biodiversidad ecuatoriana*. Lima, Perú: Revista peruana.
- Jian, et al. (2018). In *The effect of replacing fish meal with fermented corn gluten meal on growth performance, feed utilization and body composition of juvenile yellow catfish (Pelteobagrus fulvidraco)*. (pp. 754-762). Aquaculture Nutrition.
- Kirk, S. &. (1991). In *Pearson's composition and analysis of foods* (p. 708).
- Lim, C. &. (1999). In C. &. Lim, *Use of plant proteins in fish feed. Aquaculture*, (pp. 125-136).
- Lim, et al. (1998). In *Utilization of corn gluten meal as a protein source in diets for juvenile freshwater prawn (Macrobrachium rosenbergii)*. (pp. 21-27). Aquaculture Nutrition.
- Luthria, D. (2008). In *Influencia de las condiciones experimentales en la extracción de compuestos fenólicos* (pp. 745-752).
- Martínez, M. A. (2006). *Manejo del cultivo de tilapias*. Managua-Nicaragua.
- Masser, M. (2012). In *Cage culture in freshwater and protected marine areas* (pp. 219-234).
- Melo, J. (2022). *ESTUDIO DE LA DENSIDAD ÓPTIMA PARA LA CRIANZA DE TILAPIA ROJA (Oreochromis sp) EN LA PARROQUIA FÁTIMA, PROVINCIA Y CANTON PASTAZA*. Riobamba.
- Mexicano, L. (2025). Retrieved from <https://lloydmx.com/analisis-bromatologicos-en-alimentos-una-vision-profunda/>: <https://lloydmx.com/analisis-bromatologicos-en-alimentos-una-vision-profunda/>
- Montoya, e. a. (2018, Enero 9). Efecto de la sustitucion de proteina animal por vegetal. Mexico. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971086005.pdf>
- NRC. (2011). *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. National Academies Press.
- Perez-Sanchez, et al. (2014). In *Effects of replacing fish meal with corn gluten meal and adding synthetic lysine on growth and feed utilization of Nile tilapia*. Revista de acuicultura.
- POBEL. (2025, Octubre 20). Retrieved from <https://pobel.com/es/blog/guias/que-es-el-metodo-kjeldahl>: <https://pobel.com/es/blog/guias/que-es-el-metodo-kjeldahl>
- Prosky, L. et al. (1985). In *Determinacion de la fibra dietetica total en alimentos y productos alimenticios* (pp. 677-679). Revista de la asociacion de quimicos analiticos oficiales.
- Quintero-Sánchez, Y. D.; Sánchez. (2024, Diciembre). Evaluación de la producción de tilapia roja (*oreochromis sp*) criados con tecnología Biofloc. *Revista EIA*, 21(42), 1-23.  
doi:<https://doi.org/10.24050/reia.v21i42.1761>
- Reategui, N. et al. (2022). *Characterization of collagen from three genetic lines of Oreochromis niloticus (tilapia) skin in young and old adults*, 27.  
doi:<https://doi.org/10.3390/molecules27031123>
- Requero, G. (2016). In *Evaluation of corn gluten meal as a partial substitute for fish meal in tilapia diets*. *Ciencia y Tecnología* (pp. 1-12).
- Reyes, L. (2022). Parámetros reproductivos en la producción de crías tilapia *Oreochromis niloticus*.  
doi:DOI: <https://doi.org/10.17163/lgr.n38.2023.09>
- Saeid. (2012). In *Effect of corn gluten meal as a substitute for fish meal on growth performance and feed utilization of Nile Tilapia fingerlings*. *International Journal of Fisheries and*

- Aquaculture*, (pp. 7-13).
- Sáenz, J. A. (2021, 07 13). *Veterinaria digital*. Retrieved from Veterinaria digital y producción animal: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/ciclo-reproductivo-de-la-tilapia/>
- Saraiva, J. et al. (2022). In *Finding the “golden stocking density”: A balance between fish welfare and farmers’ perspectives*. (p. 1099). *Frontiers in Veterinary Science*.
- Sayed, A. (1999, Septiembre 1). Fuentes alternativas de proteínas dietética para tilapia de cultivo. *Oreochromis sp.* Zaragoza, España.
- Seraquive, A. D. (2023). *Control de temperatura y regulación de parámetros de oxígeno y pH aplicado a las piscinas de tilapia*. Guayaquil-Ecuador.
- Shoemaker, C. et al. (2000). In *Density and dose: factors affecting mortality of Streptococcus iniae infected tilapia (Oreochromis niloticus)* (pp. 229-235).
- Shoko, A. P. (2014). In *Use of corn gluten meal as a protein source for Nile tilapia (Oreochromis niloticus)*. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, (pp. 121-128).
- Syed Makhdoom, et al. (2024, febrero 29). *Sustitución de la harina de pescado: aspectos destacados de las posibles fuentes de proteína vegetal*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26573>
- Syed Makhdoom, H. (2024, febrero 29). *Sustitución de harina de pescado: aspectos destacados de las posibles fuentes de proteína vegetal para la sostenibilidad de la acuicultura*. Pakistan. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024>
- Tacon, A. (2004). *Use of plant proteins in aquaculture feeds: constraints and future trends*.
- Tacon, A. (2004). *Use of plant proteins in aquaculture feeds: constraints and future trends*. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)*.
- Thalli, S. et al. (2021, noviembre 14). Perspectivas de los subproductos de la molienda húmeda de maíz como fuente de ingredientes alimentarios funcionales y nutraceuticos. doi:<https://doi.org/10.17113/ftb.60.01.22.7340>
- Torres-Novoa, D. &.-N. (2012). In *Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus)*. (pp. 63-68).
- Vazquez-Vera, et al. (2022). <https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Vazquez>. Retrieved from Diagnostico de la acuicultura en Mexico.
- Yan, et al. (2017). In *Effects of fermented corn gluten meal on growth performance and intestinal morphology of juvenile obscure puffer (Takifugu obscurus)* (pp. 1239-1250).
- Yuan, et al. (2019). In *The effect of replacement of dietary fish meal with fermented corn gluten meal on the growth performance, feed utilization, body composition and apparent digestibility of juvenile black sea bream (Acanthopagrus schlegelii)* (pp. 33-40).
- Zafra-Trelles, A. et al. (2019). In *Conversión y eficiencia alimenticia de Oreochromis aureus var. suprema (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado*, (pp. 815-826). Trujillo-Peru: Arnaldoa.
- Zhang, et al. (2020). In *Fermented corn gluten meal as a substitute for fish meal in the diet of juvenile grouper (Epinephelus coioides)*. (pp. 5241-5250). *Aquaculture R*.