



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

**EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE LA PARED CELULAR DE *Saccharomyces cerevisiae* COMO ADITIVO ALIMENTICIO EN EL DESARROLLO DE ALEVINES DE TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*)**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Previo a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

Byron Stalin García Chóez

**TUTOR:**

Blga. Dennis Tomalá Solano, M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR  
CARRERA DE BIOLOGÍA

**EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE LA PARED CELULAR DE *Saccharomyces cerevisiae* COMO ADITIVO ALIMENTICIO EN EL DESARROLLO DE ALEVINES DE TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*)**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Previo a la obtención del Título de:**

**BIÓLOGO**

**AUTOR:**

Byron Stalin García Chóez

**TUTOR:**

Blga. Dennis Tomalá Solano, Msc.

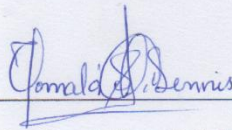
LA LIBERTAD – ECUADOR

2025

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE LA PARED CELULAR DE *Saccharomyces cerevisiae* COMO ADITIVO ALIMENTICIO EN EL DESARROLLO DE ALEVINES DE TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*)”, elaborado por BYRON STALIN GARCÍA CHÓEZ estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blga Dennis Tomalá Solano, MSc.

**DOCENTE TUTOR**

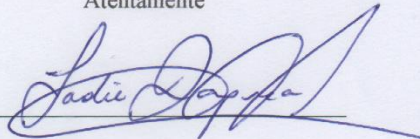
**C.I. 0922584982**

III

## DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “EFECTO DE LA INCLUSIÓN DE LA PARED CELULAR DE *Saccharomyces cerevisiae* COMO ADITIVO ALIMENTICIO EN EL DESARROLLO DE ALEVINES DE TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*)”, elaborado por BYRON STALIN GARCÍA CHÓEZ estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Blga. Jodie Darquea Arteaga, M.Sc.

**DOCENTE DE ÁREA**

**C.I. 0918674359**

# DEDICATORIA

A mis amados padres, Maritza Chóez Balón y Víctor García Hurtado, también a mis hermanas, quienes con amor incondicional y sacrificios incansables me han enseñado el verdadero significado de la perseverancia y el esfuerzo. Su guía y confianza en mí han sido el motor que me ha impulsado a alcanzar este logro.

A mis queridos abuelos, Inocente Chóez Egas y María Francia Reyes Balón, cuyo ejemplo de fortaleza, sabiduría y amor ha sido una fuente constante de inspiración. Gracias por enseñarme que los valores y la humildad son el fundamento de una vida plena.

A mis docentes, por su dedicación, paciencia y por transmitir no solo conocimientos, sino también valores que han marcado profundamente mi formación personal y profesional.

A mis amigos y compañeros, por estar presentes en los momentos difíciles, por las risas compartidas y por ser mi apoyo en cada etapa de este camino. Gracias por hacer de esta experiencia algo inolvidable y lleno de aprendizaje.

A mi pareja, quien con su amor, comprensión y apoyo constante, ha sido mi refugio y mi inspiración. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este camino, por celebrar mis logros y darme fuerzas en los momentos difíciles.

# **AGRADECIMIENTO**

A las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena por liderar el proceso de formación profesional.

En particular a la Blga Dennis Tómalá Solano, tutor de tesis porque con sus ideas científicas profesionales oriento nuestro trabajo.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

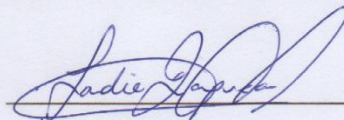
Trabajo de Integración Curricular presentado por **BYRON GARCÍA CHÓEZ** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 19 DE MARZO DEL 2025



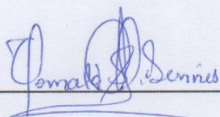
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

**DIRECTOR DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



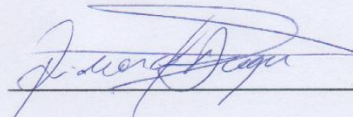
Blga. Jodie Darquea Arteaga, M.Sc.

**PROFESOR DE ÁREA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



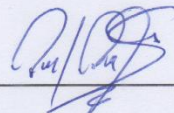
Blga. Dennis Tomalá Solano, M.S.c.

**DOCENTE TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt.

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



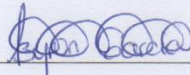
Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.

**SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Byron García Chóez me responsabilizo por los datos y resultados expuestos en el trabajo de integración curricular

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



---

Byron Stalin García Chóez

C.I. 2450756479

## RESUMEN

A nivel global, los cultivos acuícolas son considerados una fuente confiable de seguridad alimentaria. En Ecuador esto no es diferente, debido a que ha desempeñado un rol importante durante las últimas décadas, especialmente en la disponibilidad de alimento. En este contexto, destaca el cultivo de tilapia, considerada un organismo clave por su gran versatilidad y amplia expansión. Sin embargo, su crianza enfrenta desafíos significativos, lo cual genera dificultades constantes en su producción. A partir de esta base se buscan alternativas que garanticen una mejoría significativa sobre esta problemática, por lo que mediante este trabajo se determinó la influencia de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo alimentario sobre el desarrollo de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), a través de la comparación de grupos experimentales. Este estudio se realizó durante diez semanas en un sistema de cultivo con nueve tanques distribuidos en tres tratamientos (T1: concentrado comercial + 5% de aditivo; T2: concentrado comercial + 10% de aditivo y un Tratamiento Control (TC)). Se realizó análisis de muestras del tejido intestinal y las estructuras celulares para análisis histológicos y morfométricos, se registraron datos respecto a la composición proximal de las dietas, obtención de datos biométricos y parámetros de rendimiento productivo. Los resultados indicaron que T2 presentó mayor cantidad de paredes celulares de *S. cerevisiae* adheridas al epitelio intestinal que T1, así como mayor degradación de estas estructuras según la morfometría (longitud, ancho, densidad y área total). El análisis bromatológico mostró un aumento proporcional de carbohidratos (31.63% en T1 y 35.17% en T2) y

una ligera disminución en lípidos (5.79% y 5.66%) y proteínas (42.94% y 41.28%) con el incremento del aditivo. En productividad, T2 obtuvo mejores resultados en ganancia de peso (38%), eficiencia alimentaria (19%) y conversión alimenticia (3.0), seguido de T1 (30%, 15%, 3.7) y el control (24%, 12%, 4.7). Así mismo, se realizó un análisis estadístico donde se evidenció que T1 y T2 ejercieron efectos benéficos similares en comparación con el TC, lo cual sugiere que independientemente de la concentración, ambos tratamientos son igualmente efectivos y contribuyen a una mejora en la productividad del cultivo.

**Palabras clave:** Alevín, *Oreochromis niloticus*, pared celular, morfometría celular, *Saccharomyces cerevisiae*, productividad.

## ABSTRACT

Globally, aquaculture is considered a reliable source of food security. In Ecuador, this is no different, as it has played an important role over the past decades, particularly in food availability. In this context, tilapia farming stands out as a key activity due to its great versatility and wide expansion. However, its cultivation faces significant challenges, which cause constant difficulties in production. Based on this, alternatives are sought to significantly improve this issue; therefore, this study determined the influence of the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive on the development of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings, through the comparison of experimental groups. The study was carried out over ten weeks in a culture system with nine tanks distributed among three treatments: T1 (commercial feed + 5% additive), T2 (commercial feed + 10% additive), and a Control Treatment (TC). Analyses were conducted on intestinal tissue samples and cellular structures for histological and morphometric evaluation, along with data collection on the diets' proximate composition, biometric measurements, and productive performance parameters.

Results indicated that T2 showed a higher amount of *S. cerevisiae* cell walls adhered to the intestinal epithelium than T1, as well as greater degradation of these structures according to morphometry (length, width, density, and total area). The bromatological analysis revealed a proportional increase in carbohydrates (31.63% in T1 and 35.17% in T2) and a slight decrease in lipids (5.79% and 5.66%) and proteins

(42.94% and 41.28%) with the increase in additive concentration. In terms of productivity, T2 achieved the best results in weight gain (38%), feed efficiency (19%), and feed conversion ratio (3.0), followed by T1 (30%, 15%, 3.7) and the control (24%, 12%, 4.7). Furthermore, statistical analysis showed that T1 and T2 produced similar beneficial effects compared to the control, suggesting that regardless of concentration, both treatments are equally effective in improving culture productivity.

**Keywords:** Fry, *Oreochromis niloticus*, cell wall, cell morphometry, *Saccharomyces cerevisiae*, productivity.

## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XI</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. PROBLEMÁTICA</b>	<b>3</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>5</b>
<b>4. OBJETIVOS</b>	<b>7</b>
4.1. Objetivo General	7
4.2. Objetivos Específicos	7
<b>5. HIPÓTESIS</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>9</b>
<b>6. MARCO TEÓRICO</b>	<b>9</b>
6.1 Origen de la Tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> )	9
6.2 Cultivo de Tilapia en el mundo	10
6.2.1 Cultivo de tilapia en Ecuador	12
6.2.1.1 Exportaciones de tilapia en el Ecuador	13
6.3 Biología de la especie	15
6.3.1 Taxonomía	15
6.3.2 Morfología externa	16

6.3.3 Morfología interna _____	17
6.4 Hábitos alimenticios _____	20
6.4.1 Requerimientos nutricionales _____	20
6.5 Ciclo de vida _____	26
6.6 Parámetros Físicoquímicos _____	29
6.6.1 Oxígeno _____	29
6.6.2 pH _____	30
6.6.3 Temperatura _____	31
6.6.4 Amonio _____	31
6.6.5 Nitritos-Nitratos _____	32
6.7 Sistema de producción acuícola _____	33
6.8 Uso de aditivos en la alimentación para tilapias _____	34
6.9. Levaduras en la alimentación para tilapias _____	35
6.10 Aditivo alimentario Safmannan _____	36
6.10.1 Pared celular _____	37
6.10.2. Mananos _____	37
6.10.3 Betaglucanos _____	38
6.11 Levadura de la cerveza ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ) _____	39
6.11.1 Escala taxonómica _____	40
6.11.2 Morfología externa _____	40
6.11.3 Morfología interna _____	41

<b>CAPÍTULO III</b>	<b>42</b>
<b>7. METODOLOGÍA</b>	<b>42</b>
7.1 Área de estudio	42
7.2 Tipo de investigación	43
7.2.1 Fase experimental	43
7.3 Administración de alimento	44
7.3.1 Preparación e incorporación del aditivo (Safmannan)	45
7.4 Análisis e identificación de estructuras celulares	47
7.5 Análisis e identificación histológica con hematoxilina y eosina (H&E)	49
7.6 Morfometría de estructuras celulares	52
7.7 Análisis bromatológico	54
7.8 Obtención de datos biométricos	54
7.8.1 Parámetros de rendimiento productivo	56
7.9 Registro de parámetros de calidad de agua	57
7.10 Análisis estadístico	57
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>58</b>
<b>8. RESULTADOS</b>	<b>58</b>
8.1 Identificación de paredes celulares con muestras de aditivo.	58
8.2 Histología con H&E en tejido intestinal de alevines de tilapia gris.	60
8.2.1 Identificación celular – Tratamiento Control (TC)	60
8.2.2 Identificación de estructuras celulares – Tratamiento 1 y 2	61

8.3 Morfometría de estructuras celulares T1 Y T2 _____	64
8.4 Análisis bromatológico de alimento comercial con aditivo _____	69
8.5 Relación peso-talla _____	71
8.6 Parámetros de rendimiento productivo _____	73
8.6.1 Ganancia de peso (WG) _____	73
8.6.2. Eficiencia alimentaria (FE) _____	78
8.6.3. Tasa de conversión alimenticia (TCA) _____	83
8.6.4 Tasa de supervivencia (TS) _____	88
8.7. Registro de parámetros de calidad de agua _____	90
<b>9. DISCUSIONES _____</b>	<b>91</b>
<b>CAPÍTULO V _____</b>	<b>98</b>
<b>CONCLUSIONES _____</b>	<b>98</b>
<b>RECOMENDACIONES _____</b>	<b>100</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA _____</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS _____</b>	<b>106</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Principales productores de tilapia en el mundo T/m <sup>3</sup> .....	11
<b>Figura 2</b> Exportaciones de tilapia Ecuatoriana a Estados Unidos (1993-2022).....	14
<b>Figura 3</b> Ejemplar de <i>Oreochromis niloticus</i> .....	15
<b>Figura 4</b> Morfología externa – Tilapia del Nilo.....	16
<b>Figura 5</b> Morfología interna – Tilapia del Nilo .....	17
<b>Figura 6</b> Ciclo de vida <i>Oreochromis niloticus</i> .....	28
<b>Figura 7</b> Compuestos bioactivos en <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	39
<b>Figura 8</b> Levadura ( <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ).....	40
<b>Figura 9</b> Área de estudio - (UPSE-Facultad de Ciencias del Mar) .....	42
<b>Figura 10</b> Diseño experimental para cultivo de alevines de tilapia gris .....	43
<b>Figura 11</b> Preparación e incorporación del aditivo alimenticio .....	46
<b>Figura 12</b> Tinción con azul de metileno .....	48
<b>Figura 13</b> Tinción con H&E en muestras en fresco .....	51
<b>Figura 14</b> Mediciones morfométricas en estructura celular de <i>S. cerevisiae</i> .....	53
<b>Figura 15</b> Proceso de obtención, registro y análisis de datos biométricos .....	55
<b>Figura 16</b> Mediciones morfométricas de estructuras celulares de <i>S. cerevisiae</i> .....	66
<b>Figura 17</b> Relación peso-talla por grupo experimental .....	72
<b>Figura 18</b> Ganancia de Peso por tratamiento.....	74
<b>Figura 19</b> Comparación de tratamientos mediante la prueba de Tukey .....	77
<b>Figura 20</b> Eficiencia alimentaria (FE) por tratamiento.....	79

<b>Figura 21</b> <i>Comparación de tratamientos mediante la prueba de Dunn</i> .....	82
<b>Figura 22</b> <i>Distribución del TCA por grupo experimental</i> .....	84
<b>Figura 23</b> <i>Comparación de tratamientos mediante la prueba de Dunn</i> .....	87
<b>Figura 24</b> <i>Supervivencia por grupo experimental</i> .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Escala taxonómica de Tilapia gris (O. niloticus).</i> .....	15
<b>Tabla 2</b> <i>Composición proximal en dieta para tilapia gris (O. niloticus).</i> .....	21
<b>Tabla 3</b> <i>Escala taxonómica de la levadura de la cerveza (S. cerevisiae)</i> .....	40
<b>Tabla 4</b> <i>Dosificación semanal de alimento por tratamiento en cultivos de tilapia...</i>	44
<b>Tabla 5</b> <i>Estructuras celulares con tinción de azul de metileno</i> .....	59
<b>Tabla 6</b> <i>Tejido intestinal con tinción de hematoxilina y eosina (H&amp;E) - Tratamiento Control (TC).</i> .....	60
<b>Tabla 7</b> <i>Estructuras celulares en tejido intestinal con tinción con hematoxilina y eosina (H&amp;E) - Tratamiento 1</i> .....	62
<b>Tabla 8</b> <i>Estructuras celulares en tejido intestinal con tinción con hematoxilina y eosina (H&amp;E) - Tratamiento 2</i> .....	63
<b>Tabla 9</b> <i>Prueba paramétricas - Análisis de Varianza (ANOVA)</i> .....	67
<b>Tabla 10</b> <i>Análisis bromatológico de muestras de balanceado con aditivo alimentario en dos diferentes concentraciones</i> .....	70
<b>Tabla 11</b> <i>Prueba paramétricas - Análisis de Varianza (ANOVA)</i> .....	75
<b>Tabla 12</b> <i>Pruebas de Tukey aplicada sobre la Ganacia de peso</i> .....	76
<b>Tabla 13</b> <i>Prueba no paramétrica- Kruskall-Wallis</i> .....	80
<b>Tabla 14</b> <i>Prueba de Dunn (Post Hoc) para Comparación de Grupos (con Corrección de Benjamini-Hochberg)</i> .....	81
<b>Tabla 15</b> <i>Prueba no paramétrica- Kruskall-Wallis</i> .....	85

<b>Tabla 16</b> <i>Prueba de Dunn (Post Hoc) para Comparación de Grupos (con Corrección de Benjamini-Hochberg)</i> .....	86
<b>Tabla 17</b> <i>Registro de condiciones de cultivo durante fase de campo.</i> .....	90

## GLOSARIO

**Azul de metileno:** Colorante que pinta las estructuras de un individuo que regularmente se usa en microbiología, histología y biología para identificar agrupaciones celulares, componentes ácidos, corroborar viabilidad, etc.

**Bioactivo:** Compuesto presente en un organismo que tiene un efecto biológico benéfico, como una vitamina, un antioxidante, o un antimicrobiano.

**Biomasa:** Total de materia orgánica de una especie, población o ecosistema, expresada normalmente en peso seco o fresco.

**Biometría:** Medición de características físicas o biológicas como el peso, el tamaño o la forma de un organismo vivo o muerto.

**Bromatología:** Estudio que determina la composición química y el valor nutricional de los alimentos, evaluando aspectos como las proteínas, los lípidos, los hidratos de carbono y minerales.

**Eficiencia alimentaria:** Capacidad de un organismo para convertir el alimento ingerido en peso corporal, importante en la evaluación de sistemas nutricionales o de producción

**Estadístico Z:** Valor que se compara con la media de una muestra a través de una prueba estadística paramétrica para valorar diferencias relevantes.

**Fijación:** Proceso de conservación de tejidos biológicos mediante reactivos químicos (por ejemplo, formalina) para evitar la descomposición orgánica

**Ganancia de peso:** Aumento de peso de un organismo durante un periodo de tiempo como indicador de crecimiento.

**Hematoxilina y eosina (H&E):** Técnica histológica habitual en la que la hematoxilina tiñe de azul el núcleo y la eosina tiñe de rosa el citoplasma y otros componentes.

**Histología:** Estudio microscópico de los tejidos de un organismo, analizando las estructuras, composición y función mediante secciones y tinciones.

**Normalidad:** Suposición estadística de que los datos siguen una distribución normal (reloj de Gauss), importante en las pruebas estadísticas paramétricas.

**Valor P:** Valor estadístico de probabilidad de obtener resultados tan extremos como los observados si la hipótesis nula es verdadera.

**Pared celular:** Estructura rígida que envuelve las células de determinados seres vivos (como plantas, hongos, bacterias y algas), ofreciendo apoyo, resguardo y forma.

**Parámetros físicos y químicos:** Características medibles de una sustancia o medio, como la temperatura, el pH, compuestos nitrogenados y el oxígeno disuelto, para corroborar el estado fisicoquímico de donde se ha tomado el registro

**Prueba no paramétrica:** Método estadístico que no presupone la normalidad de datos y es aplicable a datos distribuidos de forma no normal (por ejemplo, prueba de Mann-Whitney, prueba de Kruskal-Wallis).

**Prueba paramétrica:** Método de análisis estadístico que requiere que los datos cumplan determinados supuestos, como la normalidad y la homogeneidad de las varianzas (por ejemplo, ANOVA, T-Prueba).

**Productividad:** Medida de la capacidad de un sistema o proceso para producir un producto útil o biomasa.

**Tasa de conversión alimenticia (TCA):** Se establece como la relación entre la cantidad de alimento consumido y la cantidad de biomasa producida.

**Tejido:** Agrupaciones celulares organizadas en un organismo que trabajan juntas para realizar determinadas funciones

**Tinción:** Técnica que consiste en utilizar colorantes para observar células, tejidos o microorganismos al microscopio y resaltar determinadas estructuras.

**Tratamiento:** Condiciones experimentales utilizadas en investigación para observar los efectos de variables de interés, como diferentes temperaturas, dietas o sustancias.

## ABREVIATURA Y SIMBOLOGÍA

- **A:** Alimento
- **AOAC :** Asociación Oficial de Químicos Analíticos (para análisis de alimentos)
- **ANOVA:** Análisis de Varianza
- **β:** Beta
- **±:** Variabilidad o margen de error
- **C:** Control
- **Chi<sup>2</sup>:** Chi-cuadrado
- **cm:** Centímetros
- **CNA:** Cámara Nacional de Acuicultura
- **Df:** Grados de libertad
- **Diff:** Diferencia
- **DCA:** Diseño completamente al azar
- **FAO:** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- **Fe:** Eficiencia alimentaria
- **F-valor:** Valor F
- **ha:** Hectáreas
- **H&E:** Hematoxilina y eosina
- **ISO:** Organización Internacional de Normalización
- **Kg:** Kilogramo
- **L:** Litros

- **Lwr:** Límite inferior
- **Mean sq:** Promedio de suma de cuadrado
- **mg:** Miligramos
- **mg/L:** Miligramos por litro
- **m<sup>3</sup>:** Metro cúbico
- **NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:** Amonio
- **NO<sub>2</sub><sup>-</sup>:** Ion nitrito
- **NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:** Ion nitrato
- **OD:** Oxígeno disuelto
- **pH:** Potencial de hidrógeno
- **p-adj:** Valor p ajustado
- **Pi:** Peso inicial
- **ppm:** Partes por millón
- **Pf:** Peso final
- **Saf:** Safmannan
- **S-W:** Prueba Shapiro-Wilk
- **Sum sq:** Suma de cuadrados
- **T1:** Tratamiento 1
- **T2:** Tratamiento 2
- **TCA:** Tasa de conversión alimenticia
- **Ti:** Talla inicial

- **Tf:** Talla final
- **$\mu$ :** Micra
- **Upr:** Límite superior
- **WG:** Ganancia de peso
- **Z:** Valor Z



## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria global al proporcionar una fuente confiable y sostenible de proteínas animales (Li et al., 2024; Vieira et al., 2005). Entre las especies cultivadas, la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) destaca por la versatilidad, capacidad de adaptación a una amplia gama de ambientes acuáticos y eficiencia en la conversión de alimento en biomasa. (Maldonado, 2008; Okechi et al., 2025; Makwinja & Geremew, 2020; FAO, 2020). Sin embargo, persisten desafíos significativos relacionados con el crecimiento óptimo, la salud y la supervivencia de los alevines, lo que requiere un enfoque integral y multifacético. (Tacon, 2020).

Mundialmente, el cultivo de tilapia gris ha sido caracterizado por un crecimiento acelerado, especialmente en regiones tropicales y subtropicales que ofrecen condiciones ambientales propicias para el desarrollo. Estos organismos han ganado notoriedad tanto en pequeños cultivos acuícolas como empresas de escala comerciales, debido a la rápida tasa de crecimiento y adaptabilidad a diferentes sistemas de cultivo (El-Sayed 2006; FAO, 2017).

En el ámbito regional, países como Ecuador han emergido como actores destacados en la producción acuícola de tilapia gris. Con una ubicación geográfica estratégica, condiciones climáticas favorables y una industria acuícola en constante

expansión, ha experimentado un aumento significativo en la producción de tilapia en los últimos años. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos persistentes relacionados con la optimización de la producción y la mejora de la calidad del recurso final (Zambrano et al., 2006).

En este contexto, el uso de aditivos alimentarios ha surgido como una estrategia potencial para mejorar el rendimiento, desarrollo y la salud de los peces cultivados. Safmannan, ha surgido como un aditivo derivado de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* con alto potencial de desarrollo en los cultivos por sus presuntas propiedades de promoción del crecimiento, mejora de la eficiencia alimentaria y fortalecimiento del sistema inmunológico en peces (Yu et al., 2025). La aplicación en la cría de tilapia gris ofrece una oportunidad intrigante para abordar los desafíos mencionados, mejorando la rentabilidad y sostenibilidad de la industria acuícola en Ecuador y otras áreas.

## **2. PROBLEMÁTICA**

La cría de tilapia gris (*O. niloticus*) enfrenta desafíos significativos que afectan el crecimiento, peso y supervivencia de los alevines, lo que impacta directamente en la rentabilidad y sostenibilidad de la producción acuícola. Entre estos obstáculos se encuentran la alta mortalidad durante las primeras etapas de vida, el desarrollo insuficiente de los alevines y la lenta tasa de crecimiento en diferentes condiciones dentro del cultivo

Estos problemas pueden estar relacionados con factores ambientales, prácticas de manejo inadecuadas, limitaciones nutricionales que afectan la calidad y disponibilidad de alimento para los alevines. Además, las condiciones estresantes en el entorno de cultivo pueden comprometer el sistema inmunológico de los peces, aumentando la vulnerabilidad a enfermedades y elevando las tasas de mortalidad.

El desarrollo insuficiente de los alevines es un desafío común en la cría de tilapia gris. Los alevines que no alcanzan una talla adecuada durante las etapas iniciales de su vida pueden presentar retrasos en el crecimiento y como resultado, pueden tener un menor rendimiento en etapas posteriores. Esto puede generar una menor calidad de los peces durante la cosecha y, por ende, una menor rentabilidad para los productores.

El reducido aumento de peso dentro de los sistemas acuícolas es una problemática emergente que sobresalta la eficiencia y rentabilidad del cultivo. Estas

complicaciones pueden atribuirse a factores como la calidad y disponibilidad de alimentos, la densidad en los estanques, el medio y el manejo nutricional inadecuado. Una deficiencia en el peso, prolonga el tiempo requerido para que los peces alcancen la talla comercial deseada, aumentando los costos y reduciendo los ingresos para los productores.

En la actualidad se busca reducir estas limitaciones a través de complementos como aditivos alimentarios suministrado en las dietas, con la finalidad de que eviten o reduzcan gradualmente estos desafíos, pero dado que es una búsqueda emergente, aún existe una limitada base científica que respalde su aplicación en dietas formuladas para peces. Muchos de estos aditivos se producen a base de levaduras, las cuales ofrecen diversos compuestos bioactivos (Mananos y betaglucanos) en su estructura, mismos que han demostrado un potencial benéfico general a nivel de crecimiento y mejora del sistema inmune, pero no adaptado a las condiciones de un cultivo de tilapia gris. La falta de información sobre esta área limita el aprovechamiento pleno de estos componentes como una estrategia alterna en la producción acuícola.

Así que, en este contexto, es fundamental encontrar soluciones efectivas que aborden estos problemas y mejoren el rendimiento general del cultivo de tilapia. La implementación de aditivos alimentarios, que se distinguen por sus propiedades de promoción del crecimiento y peso en peces, ofrece una oportunidad para mejorar las condiciones de cultivo y superar los desafíos mencionados.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Los animales de cultivo a menudo se someten a diversos factores de estrés, largos periodos de cultivo o altas densidades de población, siendo vulnerables a diversos cambios en el desarrollo físico. Considerando estos aspectos existen múltiples desventajas que se pueden presentar dentro de un cultivo de peces, y frecuentemente se busca encontrar soluciones que garanticen la salud animal, es aquí donde nace el uso de diversos recursos como el empleo de aditivos a base de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae*, microorganismos que fortalecen la salud intestinal y el aprovechamiento de los nutrientes en el tracto intestinal de los organismos. Estos componentes se destacan por el alto contenido en proteínas mayores al 45% y un 13% de ácidos nucleicos que fortalecen el sistema del pez, maximizando el desarrollo y la supervivencia

La presente investigación busca demostrar los beneficios de este aditivo sobre la salud intestinal, el crecimiento y supervivencia de la especie, aspirando a contribuir significativamente a la comunidad científica y a la industria acuícola. Al llevar a cabo un análisis riguroso que compare grupos de control con aquellos alimentados con dietas que contienen la pared celular de esta levadura a través de productos comerciales. Se espera corroborar resultados y determinar el impacto mediante parámetros de rendimiento productivo, bromatología de las dietas implementadas, análisis histológicos y la morfometría celular. Además, se podrán obtener datos que validen el desarrollo de los alevines a través de la incorporación de aditivos y el papel

de las paredes celulares sobre el epitelio intestinal, permitiendo obtener un registro preciso de los cambios generados en la productividad del cultivo de tilapia.

El enfoque de esta investigación es el de proporcionar información crítica para la producción de tilapia, permitiendo tomar decisiones informadas sobre la implementación de aditivos alimentarios como parte de las prácticas de manejo y nutrición, con el objetivo de optimizar el rendimiento del cultivo y garantizar la viabilidad a largo plazo de la industria acuícola de la tilapia.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

- Determinar la influencia de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo alimentario sobre el desarrollo de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), a través de la comparación de grupos experimentales, validando su eficacia sobre la productividad del cultivo.

### **4.2 Objetivos Específicos**

- Incorporar un aditivo a base de la pared celular de *S. cerevisiae* a través del suministro del alimento, identificando las estructuras celulares en el tejido intestinal de alevines de tilapia.
- Caracterizar la morfometría del tejido intestinal de alevines de tilapia de los tratamientos experimentales a través de un software de análisis de imágenes para validar el uso del aditivo alimenticio
- Determinar el valor nutricional del aditivo alimentario sobre el crecimiento de los individuos a través de análisis bromatológico.
- Evaluar la efectividad de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* sobre el desarrollo de los alevines mediante los parámetros de rendimiento productivo

## **5. HIPÓTESIS**

**H<sub>1</sub>:** El uso de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae*, como aditivo alimentario, generará cambios significativos sobre en el crecimiento y supervivencia de los alevines de tilapia.

## CAPÍTULO II

### 6. MARCO TEÓRICO

#### 6.1 Origen de la Tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia del Nilo también llamada tilapia plateada o tilapia gris es un pez ampliamente distribuido que tuvo sus orígenes en las cuencas del reconocido Río Nilo, esta especie fue fuente de alimentos para diversas culturas y comunidades a lo largo de su historia (Sáenz, 2018; Eccles, 1992; Paugy et al., 2004; Canónico et al. 2005; Vega-Villasante et al., 2010; Tesfaye et al., 2021; Martínez et al., 2017; El-Sayed, 2006). Originalmente, se establece que la distribución abarca regiones del África Subsahariana y África Oriental hallada en la mayoría de los sistemas fluviales de aquel entonces, principalmente en aguas cálidas donde prosperaba en ríos, lagos, embalses, estanques, y cultivos ornamentales (Jaramillo, 2014; Ruiz, 2022).

La tilapia fue introducida en diversas partes del mundo por su alto valor económico y nutricional. Debido a su gran adaptabilidad, el cultivo se ha desarrollado en Asia, América y el Caribe y en la actualidad perdura como un organismo base en la alimentación de diversas comunidades en todo el mundo (FAO, 2019).

## **6.2 Cultivo de Tilapia en el mundo**

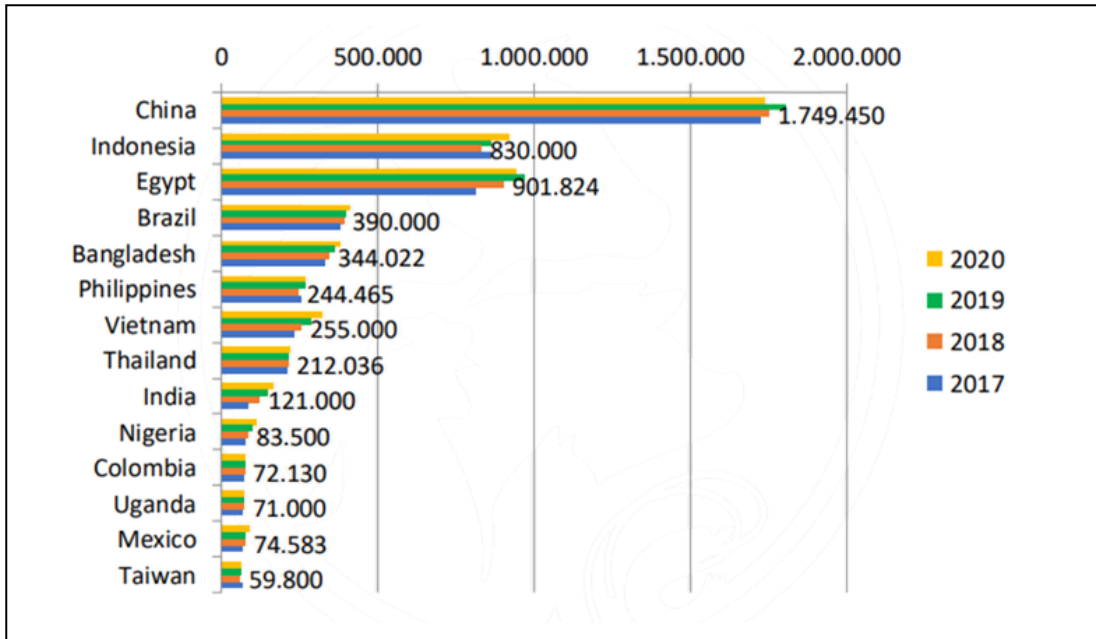
Anualmente, el mundo produce más de 150 millones de toneladas de tilapia y el éxito de su cultivo y producción se debe a la gran versatilidad que esta especie ofrece (Chen et al., 2019).

Históricamente, se ha mantenido como un organismo de baja complejidad de crianza, su explotación a nivel mundial la ha vuelto una especie de auge y gran rentabilidad durante el paso de las décadas. Su cultivo se ha distribuido en diversas regiones de África, con una gran presencia en Egipto como el mayor productor de la zona, continuamente de Uganda, ambos estados sobresaliendo en esta industria de entre todo el continente, ampliándose a múltiples zonas fuera de él, siendo China la mayor potencia productora y exportadora de carne de tilapia dentro de Asia y el mundo (Figura 1), también países como Indonesia Bangladés y las Filipinas destacan sobre el cultivo de esta especie en la región (Datasur, 2019).

A nivel regional, la producción de esta especie se remonta a países tropicales y subtropicales, siendo Brasil el mayor productor en el continente, seguido de Colombia y finalmente México donde su crecimiento ha aumentado a gran escala con el pasar de los años, volviéndose una fuente de ingresos significativa en el comercio internacional generando impactos que favorecen la socioeconómica de los sitios donde se realizan estas prácticas acuícolas (FAO, 2021).

**Figura 1**

*Principales productores de tilapia en el mundo T/m3*



*Nota.* Adaptado de *Mayores productores de tilapia en el mundo* [Fotografía], por Valverde, 2023, Reporte32Mx (<https://reporte32mx.com/wp-content/uploads/2023/07/pro-659x420.png>)

### **6.2.1 Cultivo de tilapia en Ecuador**

Los primeros indicios de la introducción de la tilapia datan de la década de los años 50 donde el primer espécimen registrado perteneció a *Oreochromis mossambicus*, especie que llegó al territorio desde Colombia hasta la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas en el año de 1965, años más tarde apareció el segundo individuo de esta familia *Oreochromis niloticus*, un pez que arribó al territorio ecuatoriano gracias a una empresa privada brasileña para el año de 1974 donde se adaptó y permaneció hasta la fecha, cercanamente a este periodo específicamente a inicios de los 80s arribó el último individuo de esta familia, un híbrido de tilapia denominado *Oreochromis sp* (Zambrano et al., 2006; Landívar, 2019). La llegada de este organismo durante aquellas épocas pasó desapercibida y los cultivos de tilapia en el Ecuador se consideraban netamente artesanales, no eran significativos y el producto obtenido permanencia para las familias locales y la venta interna de las comunidades.

En la década de los 90s, el cultivo de tilapia tomó relevancia debido al colapso de la industria camaronera, por la presencia del virus de la Mancha blanca (WSSV) al territorio nacional (enfermedad que afectó a *Litopenaeus vannamei*) (Alvarado et al., 2016; Jacome, 2019). La productividad de camarones disminuyó y la tilapia tomo gran importancia en el territorio, los acuicultores de la época comenzaron a crear de manera rápida piscinas provisionales e improvisadas para este pez.

A partir de los acontecimientos de la época la producción de esta especie fue masificándose, aumentando progresivamente su crianza en distintas zonas del país, teniendo un auge exponencial en todo el territorio, pero mayoritariamente su presencia destacó en las regiones de la Costa y la Amazonía ecuatoriana (Cazar, 2022).

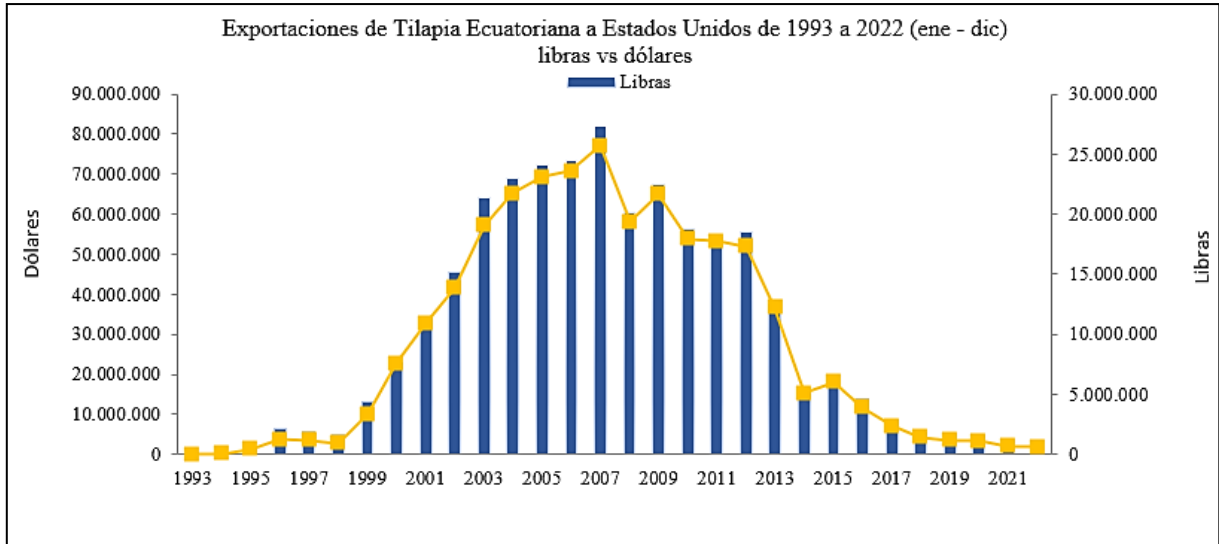
#### **6.2.1.1 Exportaciones de tilapia en el Ecuador**

Históricamente, el auge piscícola en tilapia se ha registrado desde la década de los años 90s en el país, siendo una especie de alto valor e incremento progresivo durante sus primeros años (Piedra, 2020).

Según la Cámara Nacional de acuicultura (2023) los datos sobre las exportaciones de tilapia datan de 1993 a Estados Unidos con 21731 libras, brindando un aporte económico de \$32555 mil dólares de ingresos en la región (Figura 2). A partir de este año, el incremento de las exportaciones fue aumentado significativamente, llegando a su máximo para el año 2007, donde su crecimiento llegó hasta 27'315395 libras, generando ingresos por más de 70 millones de dólares. Posterior a este periodo de rápida expansión comenzó un decrecimiento económico y productivo respecto a la especie, siendo que, en los años posteriores, las exportaciones disminuyeron gradualmente según el último registro de la CNA (2023), obteniéndose valores que no superaban las 950.000 libras y dejando un ingreso anual de 1.8 millones de dólares (Mongabay, 2022).

**Figura 2**

*Exportaciones de tilapia Ecuatoriana a Estados Unidos (1993-2022)*



*Nota.* Adaptado de *Exportaciones de tilapia ecuatoriana a Estados Unidos (1993-2022)* [Fotografía], por la Cámara Nacional de Acuicultura, 2022, CNA (<https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>).


### 6.3 Biología de la especie

Es un pez teleósteo perteneciente a la familia de los cíclidos del orden de los Perciformes que habita en aguas cálidas (Tibihika et al., 2020; Thomson et al., 2018).

#### 6.3.1 Taxonomía

**Tabla 1**

*Escala taxonómica de Tilapia gris (O. niloticus).*

<b>Reino:</b> Animalia	<b>Figura 3</b> <i>Ejemplar de Oreochromis niloticus</i> 
<b>Filo:</b> Chordata	
<b>Clase:</b> Actinopterygii	
<b>Orden:</b> Perciformes	
<b>Familia:</b> Cichlidae	
<b>Género:</b> Oreochromis	
<b>Especie:</b> Niloticus	
<b>Nombre común:</b> Tilapia gris	<i>Nota. O. niloticus, Montalvo (2017).</i>

**Fuente:** Linnaeus, (1758); Hiraldo (2022)

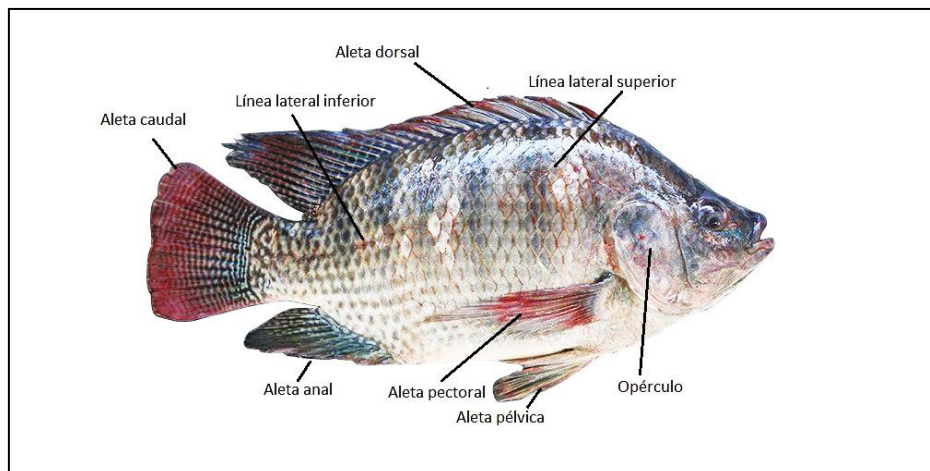
### 6.3.2 Morfología externa

La tilapia gris, de cuerpo robusto, comprimido dorso ventralmente, se caracteriza por presentar dimorfismo sexual en machos, siendo este relativamente más grande que la hembra (Urbano, 2020). De tonos grisáceos, levemente rojizos en algunas regiones como las aletas, dorsal; pectoral y caudal. (Barrero, 2023).

Las aletas dorsal y anal son generalmente cortas y llegan a presentar espinas y radios, mientras que la aleta caudal es redondeada (Figura 4). Posee un orificio nasal simple a cada lado de la cabeza. Su cuerpo está cubierto por escamas, tiene una línea lateral subdividida, donde la sección anterior se extiende desde el opérculo hasta los radios finales de la aleta dorsal, mientras que la línea posterior va por debajo de la línea lateral, y se amplía hasta llegar a la aleta caudal (Asmamaw & Tessema, 2021).

#### Figura 4

*Morfología externa – Tilapia del Nilo*



*Nota.* Adaptado de *Morfología externa* [Fotografía], por Agrotendencia, 2020, Urbano, (<https://agrotendencia.tv>).

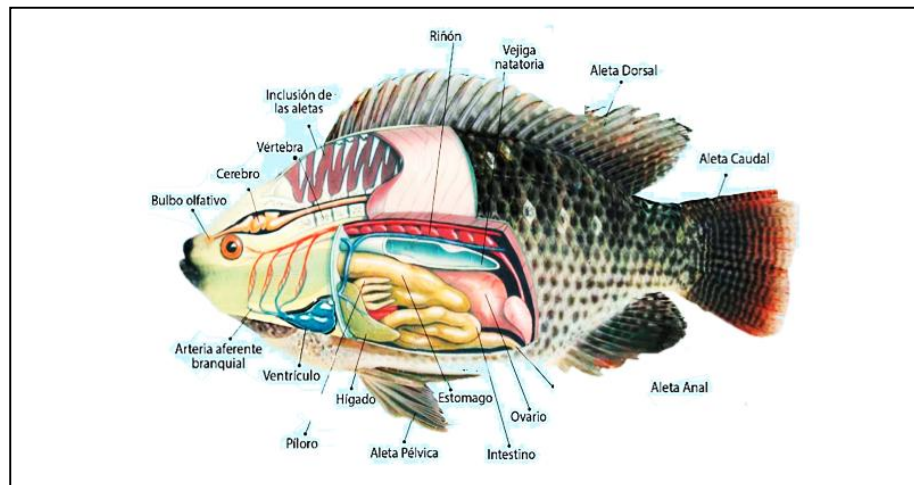
En sus etapas iniciales (alevín) llega a tener tallas de 3 cm de longitud y un peso promedio de 0.10 a 0.45 gramos, cuando alcanza la etapa adulta fácilmente puede estimarse una longitud cercana a los 60 cm de largo y los 3.4 kg de peso (Ibarra, 2019).

### 6.3.3 Morfología interna

La morfología interna de la tilapia nilótica está clasificada en múltiples sistemas adaptados en función a las condiciones del medio, estos sistemas se mencionan a continuación.

#### Figura 5

*Morfología interna – Tilapia del Nilo*



*Nota.* Adaptado de *Morfología interna* [Fotografía], por Agroquímicos, 2020. Agroquímicos Arca S.A de C.V.

### **6.3.3.1 Sistema digestivo:**

Su sistema digestivo está compuesto por una boca, un esófago, estómago, un intestino dividido en delgado y grueso, y finalmente el ano. Sus rasgos más llamativos son la presencia de una boca protráctil, generalmente ancha y con labios muy pronunciados, de dientes cónicos en forma de punta similares a los incisivos. Presenta glándulas que ayuda en los procesos digestivos como el hígado, un páncreas poco visible en forma de fragmentos redondos. En la parte superior del hígado yace la vesícula biliar, un órgano que se comunica al intestino mediante un pequeño conducto en donde secreta un líquido verdoso conocido como bilis ayudando en los procesos de digestibilidad, posee un intestino diferenciado en delgado (donde ocurre la digestión enzimática) y grueso (donde se genera la reabsorción de agua), de longitud media por su dieta omnívora (Kobelkowsky & Lucero, 2018).

### **6.3.3.2 Sistema respiratorio:**

El sistema respiratorio en la tilapia está conformado por branquias, ubicadas en ambos lados de la cabeza, estas cavidades estas controladas por una estructura que las protege, renovando la entrada y salida de agua, llamada opérculos (estructuras de continua movilidad), en esta región se produce el intercambio gaseoso que permite la entrada de oxígeno desde la boca hacía las branquias (donde queda retenido) y donde posteriormente ingresa al sistema circulatorio del organismo (UTN, 2018).

### **6.3.3.3 Sistema circulatorio:**

El sistema circulatorio en peces se define como un sistema cerrado y simple. La tilapia se caracteriza por poseer un tipo de sangre hemacrima, quiere decir que son organismos que mantienen su temperatura corporal constante similar a la del medio externo (Salazar, 2019). El órgano principal de este sistema es el corazón el cual solo tiene una aurícula y un ventrículo circulando por la sangre, su función es bombear el líquido sanguíneo hacía las branquias y oxigenarlas, llevando está a través de las venas hacía los distintos sistemas del cuerpo del pez (Maldonado, 2019).

### **6.3.3.4 Sistema reproductor**

El sistema reproductor, en hembras las gónadas se presentan como ovarios alargados y tubulares ubicadas en la región posterior del pez y dependiendo su grado de madurez pueden manifestarse en diferentes colores como tonos rosáceos o amarillentos (Bezerra et al., 2024). Mientras que en los machos el sistema reproductor se encuentra por encima del hígado como tubos alargados y pequeños de color blanquecino debajo de la vejiga natatoria. Ambos poseen un conducto que conecta hacia un orificio, donde los gametos listos serán transportados y expulsados para el proceso de fertilización (Eissa et al., 2024).

## **6.4 Hábitos alimenticios**

Por lo general este pez se considera una especie omnívora, lo que significa que se alimenta de fitoplancton, plantas acuáticas, perifitón, detritus, en algunos casos de fruta que llega a su alcance, pequeños invertebrados como la fauna bentónica, larvas presentes en su medio o insectos en general. Se considera una especie oportunista, puesto que en periodos de escasez de alimento recurre a alimentarse de otros peces de menor tamaño atacando incluso a su propia especie (FAO, 2019). En sistemas de cultivos, al ser un organismo de gran adaptabilidad, el alimento que consume también se hace fácil de administrar, gracias a esto tiene una gran tasa de aceptación de balanceado en sus diferentes etapas de desarrollo (De Alba et al., 2024).

### **6.4.1 Requerimientos nutricionales**

Los requerimientos nutricionales son aquellos porcentajes de macronutrientes (proteínas, lípidos y carbohidratos) que necesita cada especie para cumplir adecuadamente con sus procesos metabólicos y fisiológicos. Deben estar presente en el alimento suministrado y son variables en cada individuo, estas se requieren en mayor o menor proporción según cada especie. (Medrano, 2022). Las demandas nutricionales se diferencian en función a la biología de la especie. Por consiguiente aquellas dietas que no cumplan con los estándares para cada organismo ocasionaran una deficiencia nutricional repercutiendo en el estado físico (Meurer et al., 2024).

**Tabla 2***Composición proximal en dieta para tilapia gris (O niloticus).*

Etapa/g	Carbohidratos	Lípidos	Proteínas	Humedad	Ceniza
<b>Cría</b> ( <b>&lt; 0.5</b> )		5%-15%	>55%		
<b>Alevín</b> ( <b>0.5- 5.0</b> )		5%-15%	40%-50%		
<b>Juvenil</b> ( <b>5.0-70.0</b> )	> 25%	4%-12%	28%-35%	< 12%	< 17%
<b>Adulto</b> ( <b>&gt;100</b> )		4%-12%	25%-30%		
<b>Reproductor</b> ( <b>&gt;300</b> )		4%	20%-25%		

*Nota.* Adaptado de *Tabla de composición proximal para tilapia* [Tabla], por FAO, 2021, (<https://www.fao.org/>).

#### **6.4.1.1 Carbohidratos**

Mayoritariamente, los carbohidratos se encuentran en los vegetales y su función está directamente relacionada con la generación de energía en diferentes organismos (Bai et al., 2023). La tilapia no posee una alta demanda de carbohidratos. Según Thongchaitriwat et al. (2024) mencionan que en la tilapia nilótica el procesamiento de este puede ser muy variado, se pueden utilizar entre el 30 y el 70% en casos excepcionales, pero de manera general una vez que este es digerido en el cuerpo de los peces su uso es reducido, teniendo una baja tasa de metabolización (Bai et al., 2023)

#### **6.4.1.2 Lípidos**

En los peces, estos actúan sobre el metabolismo del individuo, dando paso al aprovechamiento de otros compuestos orgánicos más esenciales para el desarrollo (Akinbule et al., 2022). Dentro del organismo permite la generación de energía para la ejecución de roles como el procesamiento de proteínas y vitaminas destinadas al crecimiento (Akhila et al., 2024).

Los lípidos ayudan en la lubricación y traspaso del balanceado a través del tracto intestinal, agilizando los procesos de digestibilidad del cuerpo. En la tilapia es necesaria entre el 6% y el 15% en sus etapas iniciales garantizando una mejora en la biotransformación de elementos orgánicos; mientras que, en medidas superiores al 20% ralentizaran el crecimiento y su fase prolongada en la ingesta puede repercutir en las funciones internas (Wang et al., 2022).

En etapas posteriores al alevinaje su porcentaje debe disminuir entre el 4 y 12% obligatoriamente, puesto que su alimentación también se ve reducida, si el suministro no se reduce llega a repercutir sobre el aumento innecesario de peso en el organismo (Zhu et al., 2023).

### **6.4.1.3 Proteínas**

Las proteínas son uno de los macroelementos más importantes para los seres vivos, están presentes en diversos individuos, siendo los organismos animales de donde provienen más abundantemente, están compuestas por largas cadenas de aminoácidos y su rol en el cuerpo es el del desarrollo crecimiento y mantenimiento de células y tejidos de diversas áreas (FAO, 2020).

En peces son uno de los grupos más necesarios para el crecimiento óptimo durante las diferentes etapas de desarrollo (Teles et al., 2020; Magbanua y Ragaza, 2024). Los niveles proteicos que necesita cada organismo son muy variados y aún más en cada una de sus facetas, siendo el caso de la tilapia un organismo que durante sus primeras semanas los requerimientos proteicos deben llegar o superar el 55% en la ingesta diaria y reducirse periódicamente durante el crecimiento, en la etapa de alevinaje la tilapia debe consumir entre el 40 a 50% de proteína y en las etapas posteriores (juvenil y adulta) entre en 20% y 35% (Meurer et al., 2024).

A pesar de ser considerado uno de los bioelementos necesarios para el desarrollo del cuerpo, se debe considerar la demanda nutricional de cada etapa, el incremento de proteínas por fuera de lo establecido trae consecuencias indirectas sobre el crecimiento. La ingesta proteica elevada aumenta la excreción de amonio en el agua, dado el incremento de este compuesto tóxico sobre el medio, este repercute inmediatamente sobre la fisiología animal, afectando el desarrollo y en algunos casos la reducción sobre la productividad del cultivo (Liu et al., 2021; Huang et al., 2022).

#### **6.4.1.4 Vitaminas**

Las vitaminas son compuestos orgánicos presentes en múltiples alimentos requeridos por un individuo, son esenciales dado que actúan sobre los distintos sistemas del cuerpo (Gasco et al., 2018; Gouda et al., 2020).

Muchas de las vitaminas son sustancias incapaces de sintetizarse de manera autónoma, así que la única forma de obtenerlas es de carácter exógeno. En los peces y más específicamente en tilapias, estas no poseen la capacidad de producir algunos tipos vitamínicos, como el ácido ascórbico, este es uno de los compuestos más necesarios para la formación y cicatrización adecuada de tejidos, un fundamental antioxidante y estimulante del sistema inmune. Las deficiencias vitamínicas de este tipo puede generar agravantes en tejidos óseos, potencial facilidad para enfermedades oportunistas y déficit en el crecimiento (Chen et al., 2022).

Otros tipos de vitaminas que se consideran es la vitamina B9 o ácido fólico, ayuda en la generación de células sanguíneas y síntesis del ADN, la falta de este compuesto genera eventos como la anemia, diarrea y letargo (Schmitz et al., 2024). Existen vitaminas cuya presencia está determinada por la ingesta de macromoléculas como los lípidos, la productividad eficaz de esta biomolécula está ligada a la vitamina E, una molécula liposoluble que actúa como antioxidante y favoreciendo el crecimiento y mantenimiento de los peces, dada su importancia la ausencia vitamina E en el cuerpo de las tilapias ocasiona daño y distrofia a nivel del músculo y enfermedades hepáticas de gran impacto (Rohani et al., 2023).

#### **6.4.1.5 Minerales**

Los minerales ayudan en el cumplimiento de las funciones naturales del cuerpo, son sustancias inorgánicas que destacan por ser un regulador enzimático y hormonal, cumplen roles de difusión a través de membranas y ayudan en la producción de la viscosidad del tegumento del pez (Antony Jesu Prabhu et al., 2016; El-Sayed, 2020). Estos pueden obtenerse del alimento y el ambiente, muchos de los minerales conocidos ya están presentes en el medio natural de los peces, donde estos pueden captarlos a través de las branquias (El-Sayed et al., 2023).

La mayor cantidad de minerales están presentes en medios de agua salada, así que la inclusión de una dieta rica en minerales no es tan necesaria para peces marinos, pero esto cambia considerablemente en peces de agua dulce, como la tilapia, dado que su acondicionamiento está establecido por un medio dulce, la cantidad de solutos presentes en este entorno es reducida, gracias a esto, es necesario incluir algunos tipos de minerales como un complemento en las dietas destinadas para estos organismos (Susitharan et al., 2024).

## **6.5 Ciclo de vida**

La tilapia trasciende por diversas etapas que son frecuentes en la mayoría de los peces, aunque puede haber variaciones específicas entre diferentes especies de tilapia.

En sus primeros estadios, las hembras colocan sus gametos en un nido excavado en las profundidades del medio, donde los machos los hallan y fertilizan. Los huevos fecundados son incubados en el interior de la boca de la hembra, brindándoles seguridad ante depredadores y condiciones hostiles. Este proceso tarda alrededor de 5 a 10 días, divergiendo respecto a la temperatura del agua, donde su eclosión solo se ve favorecida en rangos de 25 a 30 °C (Medina, 2018).

Tras la eclosión, las crías de tilapia permanecen bajo el cuidado de la madre durante algunos días más. Estas larvas aún tienen un saco vitelino del cual obtienen nutrientes. Durante este tiempo, son incapaces de alimentarse por sí mismas. La madre suele proteger a las larvas manteniéndolas en su boca o cerca de ella hasta que están listas para empezar a nadar y alimentarse de forma independiente (Romano, 2013).

Después de que las larvas consumen completamente el saco vitelino, se transforman en alevines, que son básicamente pequeñas versiones de los peces adultos. En esta etapa, los alevines comienzan a nadar libremente y alimentarse de pequeños organismos como el plancton. Esta fase es concluyente, dada la

disponibilidad de alimentos y la calidad del agua, juegan un papel importante en su crecimiento y supervivencia (Villasante et al., 2010).

Las crías se desarrollan velozmente y, al llegar a determinado tamaño, entran en la siguiente etapa (juvenil) donde comienzan a mostrar características más adultas, como la estructura corporal y comportamiento. Su alimentación se muestra variada, y empiezan con el consumo de diferentes tipos de algas y pequeños invertebrados. Este periodo suele perdurar varios meses, dependiendo de las condiciones del entorno y la facilidad por hallar alimento (Olivera-González, 2020).

Una vez que las tilapias llegan a su madurez sexual, se considera que han entrado en la etapa adulta. Este individuo consiguen su madurez cerca de los 3-4 meses de edad. Durante este periodo, los peces están preparados para su reproducción y continuar con su ciclo. Las tilapias suelen ser muy fértiles y llegan a reproducirse múltiples veces al año, lo que las vuelve una especie eficiente desde el punto de vista reproductivo (Orlando et al., 2017).

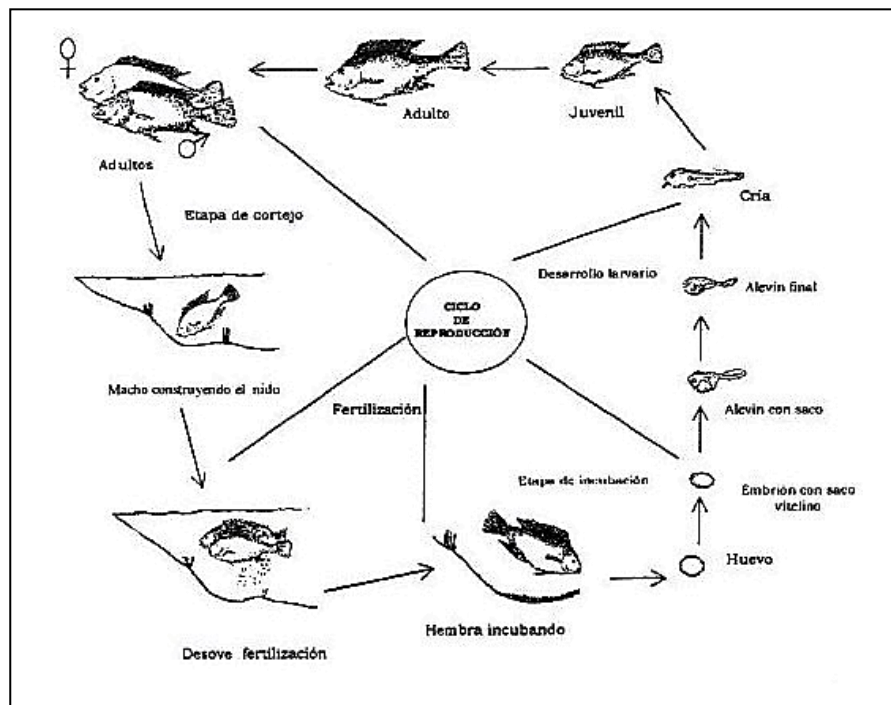
Estos organismos al empezar su periodo de reproducción pueden continuar realizándolo por varios años, con una vida promedio de entre 7 y 8 años en condiciones controladas, pero en su entorno natural, la vida de este individuo puede ser relativamente más corta debido a la depredación y otros diversos componentes. Una vez iniciado su ciclo reproductivo, las hembras de esta especie llegan a expulsar miles de crías, y a pesar de que la tasa de mortalidad es relativamente alta debido a

los depredadores y otras amenazas, los individuos supervivientes garantizan el sostenimiento de la especie (Sáenz, 2018) (Figura 6).

El ciclo de vida de la tilapia está fuertemente influenciado por factores ambientales como la temperatura del agua, la calidad del hábitat y la disponibilidad de alimento. En piscicultura, las condiciones óptimas pueden manipularse para maximizar la producción y el crecimiento, haciendo que la tilapia sea una especie clave en la acuicultura mundial.

**Figura 6**

*Ciclo de vida Oreochromis niloticus*



*Nota.* Ciclo de vida de la tilapia [Fotografía], por CDV. 2020, ([https://ciclodevida.net/de-la-tilapia#google\\_vignette](https://ciclodevida.net/de-la-tilapia#google_vignette)).

## **6.6 Parámetros Físicoquímicos**

La tilapia del Nilo (*O. niloticus*) es un organismo altamente tolerable a los cambios medioambientales, siendo un individuo de gran adaptabilidad a las variaciones de temperatura, pH, oxígeno, entre otros, siendo un pez de rápido crecimiento y madurez sexual (Castillo Arauz & Domínguez Velásquez, 2019). A pesar de su gran adaptación al medio, el cultivo de tilapia se rige por diversos parámetros que se deben de considerar para garantizar un desarrollo adecuado del pez durante sus diferentes fases.

### **6.6.1 Oxígeno**

La cantidad de moléculas de oxígeno diluidas en el medio es esencial para la vida acuática, este se mide en ppm o mg/L. Relacionado inversamente proporcional a otros parámetros como la temperatura y el pH donde si estos aumenta, la cantidad de oxígeno disuelto presente en el medio se reducirá.

Para la tilapia este se adquiere por medio del agua que pasa a través de las branquias, en el cual las moléculas de oxígeno son retenidas y captadas incorporándose al pez por medio del sistema circulatorio donde este será transportado por todo el cuerpo para cumplir con las diferentes funciones internas (El- Sayed, 2016).

Los niveles óptimos de oxígeno puede variar dependiendo de la especie, de manera general este pez puede vivir en medios que contengan entre los 3-10 mg/L de

oxígeno disuelto, un cultivo óptimo de OD es aquel que permanece en los 7 mg/L promedio, cuando las condiciones no son adecuadas y los niveles de oxígeno presentes en el agua disminuyen por fuera del rango el pez, este puede sufrir distintos tipos de estrés a nivel fisiológico, la exposición prolongada de oxígeno en el agua puede generar hipoxia, ralentiza el crecimiento y la tasa de alimentación, y en casos graves la muerte (Siddique et al., 2024).

### **6.6.2 pH**

El pH o también conocido como potencial de hidrógeno, es un parámetro que dentro de los rangos establecidos garantiza la optimización y rendimiento de la productividad de los peces. En cultivos de tilapia este debe permanecer entre 6-5 y 8, entre estas mediciones el organismo mantendrá una alta tolerancia al medio, el pH promedio para los peces es de 7. Niveles de pH superior a 11 o inferior a 4 elevan la tasa de mortalidad. Cuando los niveles pH se ven reducidos (acidificación del agua, no en condiciones extremas) estos disminuyen la tasa de reproducción (Lemos et al., 2018).

### **6.6.3 Temperatura**

La temperatura influye de manera proporcional a un desarrollo adecuado en el crecimiento y ganancia de peso. Los rangos óptimos se pueden establecer entre los 28 °C y 32 °C grados durante sus diferentes etapas (Jinagool et al., 2024). Múltiples investigaciones han establecido que en temperaturas que se establecen sobre este rango, favorecen la eficiencia alimentaria y el incremento de talla (Troell et al., 2017; Collins et al., 2020; Maulu et al., 2021). Temperaturas fuera del rango óptimo dentro del cultivo, provocan efectos significativos en el desarrollo del individuo. Rangos inferiores a los 28 °C reducirán la tasa de alimentación ocasionando un desacelerado crecimiento, pero si la disminución de la temperatura no es instantánea, la capacidad de esta especie permitirá su adaptabilidad. Por otro lado, en aguas que superan los 34 °C, el organismo estará expuesto a un estrés térmico donde si este es prolongado, generará la muerte (Siddique et al., 2024).

### **6.6.4 Amonio**

El amonio es un compuesto altamente tóxico, este se encuentra en el agua debido a la excreción de orina por parte de los peces, estos al ser organismos amoniotélicos liberan al medio altas concentraciones de este compuesto, los niveles de amonio deben ser controlados en todos los tipos de cultivo, y más en cultivos intensivos y semi intensivos (Hoseini et al., 2019). El rango estimado de tolerancia en la tilapia limita a los 2 ppm, valores por encima de esta cifra generarán una disminución sobre tasa de supervivencia (Zhu et al., 2021).

### 6.6.5 Nitritos-Nitratos

En sistemas acuícolas existe una gran presencia de compuestos nitrificantes dada la descomposición de materia orgánica (Yang et al., 2021). Los sedimentos presentes en el agua generan componentes de alta toxicidad como el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), este debe ser procesado mediante bacterias nitrificantes las cuales son las encargadas de tomar estos residuos tóxicos y volverlos elementos más simples a través de procesos de desnitrificación, el amonio se convierte en nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) por medio de bacterias (*Nitrosomas*, *Nitrosospira* y *Nitrosococcus*) y posteriormente en nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) a partir de otros géneros bacterianos (*Nitrobacter*, *Nitrospina*), el cual es un componente de baja toxicidad, en determinadas escalas (Hargreaves, 2013; Manduca et al., 2020; Flores-Valenzuela et al., 2021).

La presencia de nitritos sigue estableciendo un problema en el medio del cultivo donde su rango de tolerancia en tilapias debe oscilar entre los 1.5–2 mg/L, valores más elevados pueden generar daño a nivel interno, intoxicación y la muerte del animal, en nitratos estos son menos tóxicos para los organismos, siendo su rango de tolerancia entre 0 a 40 ppm, cifras superiores pueden llegar a ser perjudiciales en peces (Roveda et al., 2024).

## **6.7 Sistema de producción acuícola**

Los cultivos se pueden clasificar en tres diferentes tipos dependiendo de la densidad de siembra, alimentación natural y artificial, manejo y tecnología utilizada: Extensivos, Semi-intensivos, Intensivos y superintensivos. (Thomas et al., 2021; Khanjani et al., 2022).

En los cultivos extensivos no se suele tener un control riguroso como en los demás sistemas de cultivos, por lo general la densidad de siembra en este tipo de medios oscila entre los 1 a 3 peces/m<sup>3</sup>, dada las extensas cantidades de agua en la que se desarrollan los peces, no hay un control completo sobre la alimentación, está se rige netamente por los nutrientes que el organismo pueda obtener del medio (Pai et al., 2024).

Por otro lado, los cultivos semi intensivos son sistemas de mayor intervención, debido al incremento sobre la población de organismos, en este tipo de sistemas la densidad llega a aproximarse entre los 5 a 20 peces/m<sup>3</sup>, existe una suplementación alimenticia, control de especies y sobre todo del agua, garantizando una mayor producción al final del ciclo (Moawad et al., 2024).

En el caso de los cultivos intensivos este puede variar por el medio de siembra, puesto que se utilizan diversas formas para el cultivo de tilapia, estas suelen estar en jaulas, piscinas, estanques de tierra o concreto. Por lo general, la densidad de siembra va a depender de la capacidad de volumen que soporten estos medios, pero

un sistema intensivo se puede categorizar en densidades aproximadas de 30 a 60 peces/m<sup>3</sup> o 100.000 a 300.000 peces/ha. En tal caso el control debe ser riguroso sobre la alimentación y la calidad de agua, la alta población de peces es determinante para los parámetros ambientales, estos se pueden ver modificados aceleradamente (Saleh et al., 2022).

Por último, los cultivos superintensivos se caracterizan por ser sistemas de altas densidades donde llegan a desarrollarse cerca de 100 a 200 peces/m<sup>3</sup>, este tipo de cultivos suelen tener un control riguroso sobre la calidad de agua estableciéndose recambios parciales de agua todos los días (Khanjani y Sharifinia, 2022).

### **6.8 Uso de aditivos en la alimentación para tilapias**

En la industria acuícola, el uso de aditivos alimentarios ha surgido como una estrategia de mejora para la salud, fortalecimiento del sistema inmune y la transformación de alimento en biomasa en las especies de cultivo.

Los aditivos pueden provenir de nutrientes, plantas, animales o microorganismos siendo este último el más frecuentemente utilizado en la producción acuícola, favorecen el crecimiento y muchos se usan como inmunoestimulante gracias a los componentes bioactivos que se extraen de uno o varios organismos, actuado a nivel del tejido intestinal, sistema circulatorio, inmunológico y otras diversas zonas del cuerpo. Estos complementos se incorporan en el alimento suministrado donde los compuestos bioestimulantes mejoran la absorción de nutrientes, generando mayores

tasas de crecimiento y promoviendo la resistencia a enfermedades oportunistas (López & Torres, 2022).

### **6.9. Levaduras en la alimentación para tilapias**

Existen múltiples aditivos alimentarios que se usan frecuentemente sobre la suplementación animal. Las levaduras son uno de los microorganismos mayormente utilizados sobre esta industria, gracias a sus múltiples propiedades y características, su uso ha tomado gran presencia no solo en especies terrestres, sino en organismos de cultivo acuícola, se conoce que las levaduras son organismos ricos en proteínas, compuestos bioactivos (Mánanos y betaglucanos), vitaminas y minerales, la conformación de estas moléculas aporta beneficios directos al pez, donde a partir de la ingesta y digestión asimilará los diversos compuestos que conforman a este individuo unicelular (Corrales, 2019).

Las levaduras en la microbiota intestinal actúan como una fuente directa de alimento para bacterias benéficas que ayudan en los procesos de digestión en el cuerpo de los peces, estos organismos disgregan las moléculas complejas a través de procesos enzimáticos en elementos simples más fáciles de asimilar, donde a nivel intestinal el cuerpo absorbe mayor cantidad de nutrientes que favorecen el crecimiento de los peces (Celdrán, 2022).

### **6.10 Aditivo alimentario Safmannan**

Este aditivo alimentario está constituido por una fracción de la estructura de *Saccharomyces cerevisiae*, conformado de la pared celular de esta levadura, alberga diversos compuestos bioactivos (Mananos: mínimo al 22% y betaglucanos al 24%) y un contenido proteico <25%, usados por sus beneficios en la alimentación animal, manteniendo una alta relación sobre el aumento en la eficiencia alimentaria y actuando a nivel del sistema inmunológico. Principalmente, favorece el incremento de la microbiota a nivel gastrointestinal, ayudando en la absorción de nutrientes y mejorando el crecimiento. A nivel de sistema inmune, esta levadura posee moléculas que se unen a las células enviando señales específicas, incrementando la producción de anticuerpos, favoreciendo la respuesta del organismo ante potenciales patógenos (Islam et al., 2021).

### **6.10.1 Pared celular**

La pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* es la capa más externa de la célula, brinda rigidez y resistencia, protegiendo los organelos internos, está constituida por múltiples biomoléculas (quitinas, lípidos, polisacáridos y proteínas) (Kolawole et al., 2022). Está estructurada por dos tipos de capas: Una capa externa de membrana lisa compuesta por un complejo manano-proteico y una capa interna estructurada de mananos amorfos, betaglucanos y proteínas, las cuales se fusionan mediante una red de microfibrillas compuesta por glucanos, estos componentes forman más del 90% de la pared celular y su estructura aporta un 30% de proteína bruta. (Cabib et al., 1991; Moro-Roman et al., 2018; Almeida et al., 2019) (Figura 7).

### **6.10.2. Mananos**

Existen dos diferentes tipos de mananos dentro de la estructura de la pared celular, las mananoproteínas o también llamados complejo manano-proteico el cual tiene como función brindar estructura, son proteínas glicosiladas compuestas por cadenas de 5-20% de la estructura total y mananosa (un tipo de carbohidrato) con cadenas del 80-95% (Santos et al., 2019). Por otra parte, tenemos a los mananos amorfos que se encuentran en la región interna de la pared celular, son oligosacáridos conformados por unidades de mananosa de estructura no regular u ordenada, debido a los diversos procesos biológicos moleculares suelen presentar aleatoriedad en la estructura por lo cual se los conoce como amorfos. Estos componentes frecuentemente se utilizan en la inclusión de dietas por a su alto valor nutricional y

diversos beneficios sobre el desarrollo y la salud animal, son fundamentales para el fortalecimiento de la microbiota y la absorción de nutrientes proporcionando altos beneficios sobre el crecimiento de los organismos que los consumen (Molinero, 2015; Zou et al., 2019).

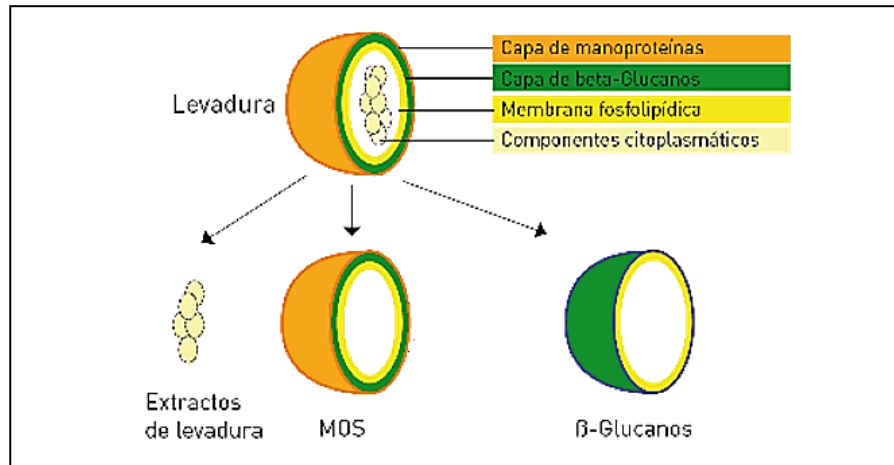
### **6.10.3 Betaglucanos**

Hallados como parte de la composición de la capa interna de la pared celular, existen dos tipos de  $\beta$ -glucanos, los  $\beta$  (1,3) y  $\beta$  (1,6)-glucanos los cuales presentan características muy similares, las únicas diferencias significativas se evidencian a nivel molecular, dada la posición de los enlaces  $\beta$  en las moléculas de glucosa. Son de estructura ramificada y algunos como los  $\beta$  (1,6)-glucanos suelen ser más grandes, estos componentes actúan dentro de la célula brindando forma y estructura, interactúan a nivel celular, la protegen de los cambios osmóticos y en determinados casos son reservorios de energía (Behrens, 2020). Conforman del 2 al 6% de la biomasa seca de la pared celular, habitualmente estos compuestos son usados dentro de la industria alimentaria por la interacción que tienen a nivel del sistema inmune (Fuentes et al., 2021; Merejildo, 2020).

Generalmente, estos compuestos se incorporan al sistema circulatorio por medio de la absorción de nutrientes, son procesados adhiriéndose a las células del organismo, activando receptores en la estructura extracelular y generando mediante vías de señalización el incremento en la productividad de células inmunitarias.

## Figura 7

### Compuestos bioactivos en *Saccharomyces cerevisiae*



Nota. Adaptado de *Constituyentes de Saccharomyces cerevisiae* [Fotografía], por Fuentes. K, 2021 (<https://www.3tres3.com>).


#### 6.11 Levadura de la cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*)

Las levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* pertenecen al reino de los hongos, estos microorganismos son individuos eucariotas de vida unicelular, poseen una forma ovoide, muchas veces redonda u esférica, de coloraciones variables dependientes del medio que habiten, suelen hallarse en tonos azules, verdes, blancos y transparentes, A menudo oscilando entre las 5 a 10  $\mu$  dependiendo de la etapa y los condicionantes ambientales (Redilat, 2023). Son individuos heterótrofos, lo que significa que adquieren el alimento de manera exógena, para cumplir con sus procesos biológicos. El hábitat llega a variar, pero se logran encontrar en medios ricos en azúcares (Kovacevic, 2015; Redilat, 2023).

### 6.11.1 Escala taxonómica

**Tabla 3**

*Escala taxonómica de la levadura de la cerveza (S. cerevisiae) según Pilco (2023).*

<b>Reino:</b> <i>Fungi</i>	<b>Figura 8</b> <i>Levadura (Saccharomyces cerevisiae)</i> 
<b>Filo:</b> <i>Ascomycota</i>	
<b>Clase:</b> <i>Saccharomycetes</i>	
<b>Orden:</b> <i>Saccharomycetales</i>	
<b>Familia:</b> <i>Saccharomycetaceae</i>	
<b>Género:</b> <i>Saccharomyces</i>	
<b>Especie:</b> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
<b>Nombre común:</b> Levadura	

*Nota.* La imagen fue tomada de [Las levaduras del pan y la cerveza podrían ser clave para producir medicamentos] por Rodríguez, 2021, disponible en (<https://www.nationalgeographic.com>).

### 6.11.2 Morfología externa

Presenta una morfología externa que varía en función a la etapa, muchas veces de forma elíptica o redonda. La superficie de la célula está recubierta por una pared celular rígida compuesta por glucanos quitina y manoproteínas las cuales le confieren forma y resistencia a la célula. La membrana plasmática subyacente formada por una bicapa de fosfolípidos es esencial para mantener la homeostasis, permitiendo el paso selectivo de moléculas hacia el interior y exterior de la célula. La morfología se ve modificada durante la reproducción, la cual es de tipo asexual, donde la levadura

produce una yema, la cual se agranda progresivamente hasta alcanzar el tamaño de la célula madre, donde finalizara con la separación de una nueva célula hija. Este proceso genera cicatrices en la región extracelular de la levadura, mostrando el número de separaciones que ha realizado (Suárez et al., 2016).

### **6.11.3 Morfología interna**

Al ser un organismo eucariota posee un núcleo bien definido rodeado por una envoltura nuclear que contiene el material genético organizado en cromosomas lineales. El núcleo es el centro de control de la célula y dirige todos los procesos internos y externos esenciales para el funcionamiento. Las mitocondrias presentes en el citoplasma son el sitio principal de la producción de energía en forma de ATP (Adenosín Trifosfato) a través de la respiración celular. Posee un retículo endoplasmático rugoso (RER) el cual es responsable de la síntesis de proteínas que se exportan fuera de la célula o se destinan a las membranas, por otro lado, el retículo endoplasmático liso (REL) está implicado en la síntesis de lípidos y la detoxificación. Las proteínas y lípidos producidos son modificados y empaquetados en el Aparato de Golgi antes de ser transportados a su destino. Las vacuolas grandes orgánulos de almacenamiento juegan un rol importante en la degradación de desechos y el control del balance osmótico (Llanos, A. 2017).

## CAPÍTULO III

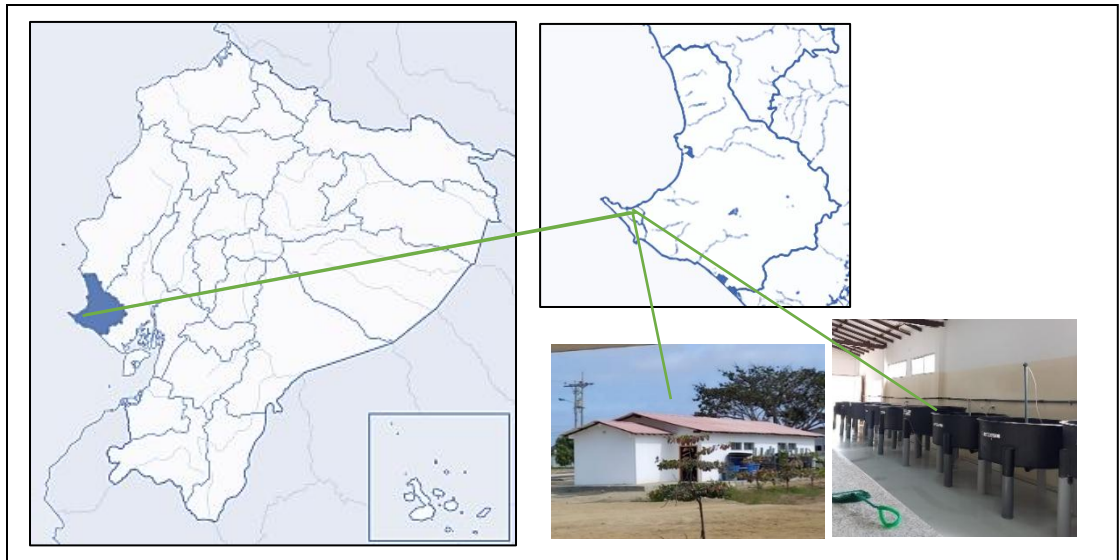
### 7. METODOLOGÍA

#### 7.1 Área de estudio

La investigación fue ejecutada en la Unidad de Prácticas de la Facultad de Ciencias del Mar de la carrera de Biología – UPSE, provincia de Santa Elena – Ecuador (Figura 9), ubicada bajo las coordenadas geográficas (2°14'01"S 80°52'34"W). Esta área se describe como un espacio de cultivo cerrado de alrededor de 40m<sup>2</sup> con clima cálido que oscila entre los 24 a 29 °C.

#### Figura 9

*Área de estudio- Unidad de prácticas (UPSE-Facultad de Ciencias del Mar)*



*Nota.* Imagen satelital obtenida de Google Earth (2023) que muestra el área de estudio, Santa Elena – Ecuador.

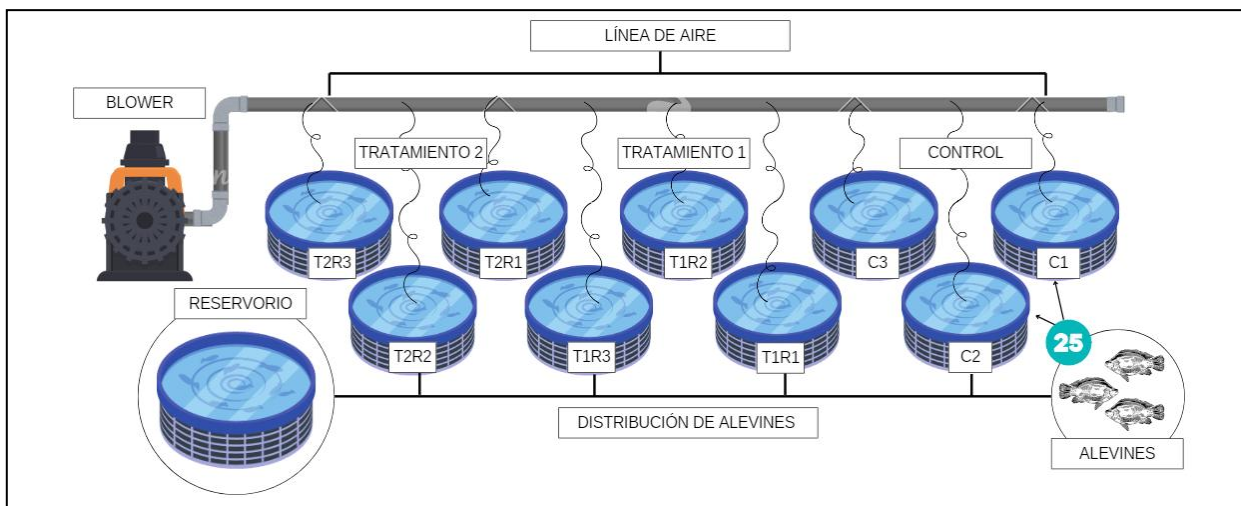
## 7.2 Tipo de investigación

### 7.2.1 Fase experimental

El estudio fue de tipo experimental utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), este se subdividió en dos periodos, el primer periodo fue de adaptación, donde los organismos se sometieron a condiciones de aclimatación durante 2 semanas previo a la fase de estudio. El segundo periodo fue de experimentación, constituido de 3 tratamientos (Tratamiento Control (TC) – Tratamiento 1 con alimento comercial más el aditivo alimentario al 5% de concentración y un Tratamiento 2 con alimento comercial más el aditivo al 10% de concentración) con 3 réplicas cada uno, utilizando 225 alevines de tilapia gris como población total, repartidos en 9 unidades de cultivo, con una densidad de siembra de 0.125 alevines/L, una talla inicial de 3.6 cm y un peso promedio de 0.86 g, en un volumen de 200 litros (Figura 10).

### Figura 10

*Diseño experimental para cultivo de alevines de tilapia gris*



### 7.3 Administración de alimento

Los peces fueron alimentados 4 veces al día cada tres horas de manera inicial, con un concentrado comercial extruido al 45% de proteína, en cantidad equivalente al 10% de la biomasa obtenida durante las dos primeras semanas de adaptación. Para el inicio de la experimentación se suministró una tasa de alimentación al 9% y posterior a 3 semanas se facilitó 8% de alimentación con la incorporación del aditivo alimentario que contenía la pared de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* (Safmannan) en función a cada tratamiento. El incremento en las dosificaciones del alimento con aditivo se realizó periódicamente cada 14 días durante las 10 semanas con base en el aumento de la biomasa se modificó la tabla de alimentación (Tabla 4).

**Tabla 4**

*Dosificación semanal de alimento por tratamiento en cultivos de tilapia gris*

SEMANA	TC	TRATAMIENTOS	
		T1	T2
1	2.15 g (A)	2.15 g (A) + (Saf) 5%	2.15 g (A) + (Saf) 10%
3	3.06 g (A)	3.06 g (A) + (Saf) 5%	3.06 g (A) + (Saf) 10%
5	5.22 g (A)	5.22 g (A) + (Saf) 5%	5.22 g (A) + (Saf) 10%
7	7.90 g (A)	7.90 g (A) + (Saf) 5%	7.90 g (A) + (Saf) 10%
9	9.70 g (A)	9.70 g (A) + (Saf) 5%	9.70 g (A) + (Saf) 10%

- (A): Alimento
- (Saf): Safmannan (Aditivo alimentario)

*Nota.* La tabla de dosificación fue adaptada en función al incremento de la biomasa, aplicando un suministro general de alimento para todo los cultivos

### **7.3.1 Preparación e incorporación del aditivo (Safmannan)**

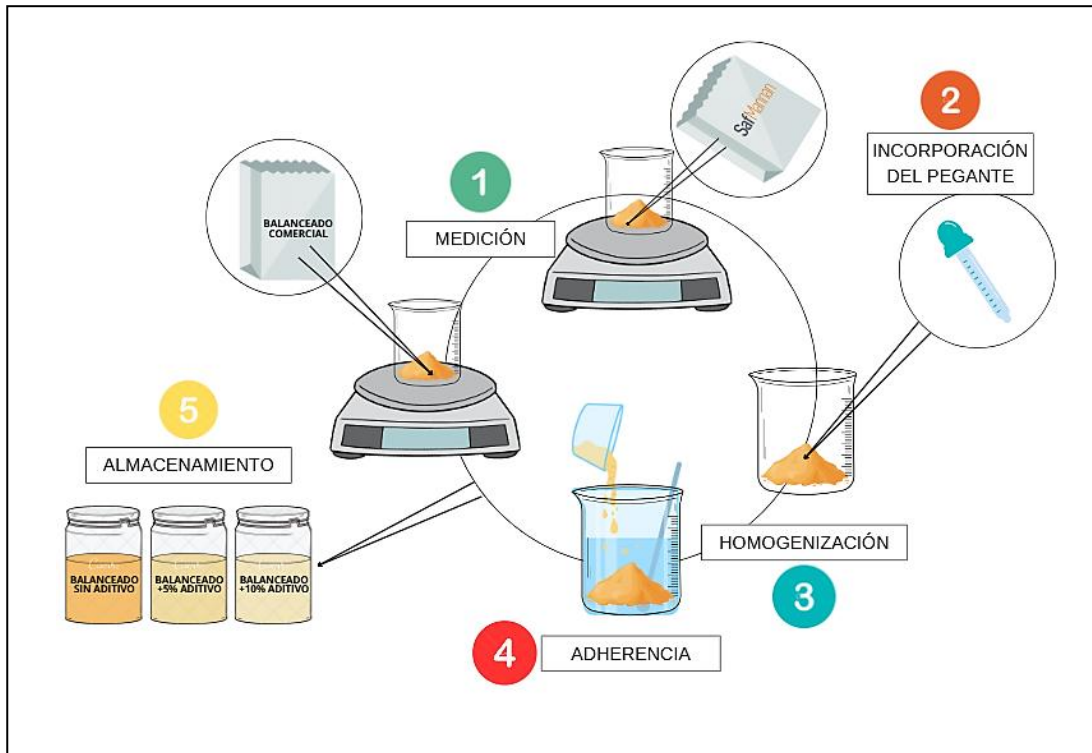
Esta preparación se realizó a partir del producto comercial Safmannan el cual contenía la biomasa de la pared celular de la levadura a utilizarse. Inicialmente, se registró pesó mediante una balanza digital la cantidad en gramos del balanceado (200 g), ambos colocados en recipientes de vidrio. Para el aditivo se estableció un peso en función al 5% de concentración (10 g de aditivo) respecto al balanceado “madre”, para el primer tratamiento, y una segunda medición con un aumento del 10% de concentración (20 g) en función al balanceado.

Para la fijación al balanceado, se preparó en un vaso de precipitación 3 g de un solución adherente comercial diluida con 2 ml de agua destilada, homogeneizando la mezcla durante 5 minutos, comprobando la correcta dilución del pegante se añadió el aditivo junto al diluido, mezclándose por 5 minutos. Trascurrido el tiempo, se añadió la mezcla al balanceado, donde se repitió este mismo procedimiento en la segunda muestra. El balanceado se mantuvo en reposo durante las próximas 24 horas, con la finalidad de certificar la adherencia del producto sobre el alimento (Figura 11).

Previo a su administración, se corroboró la fijación del aditivo sobre el balanceado, tomándose una pequeña porción y mediante una prueba de estabilidad en el agua se sometió el alimento al contacto con el medio acuático, observándose que el aditivo permaneciera mezclado sin evidencia de separación, continuamente y para finalizar se tamizó y trituró restos de gran tamaño que surgieron de la combinación de esta mezcla.

## Figura 11

### Preparación e incorporación del aditivo alimenticio



*Nota.* El gráfico representa los métodos de adherencia del aditivo sobre el pellet para la ingesta de los alevines de tilapia gris

#### **7.4 Análisis e identificación de estructuras celulares**

Para la identificación de la pared de la levadura se requirió un análisis previo de su morfología para una correcta identificación siguiendo los protocolos de tinción de levaduras descritos por Libkind (2014) y Ortega (2021).

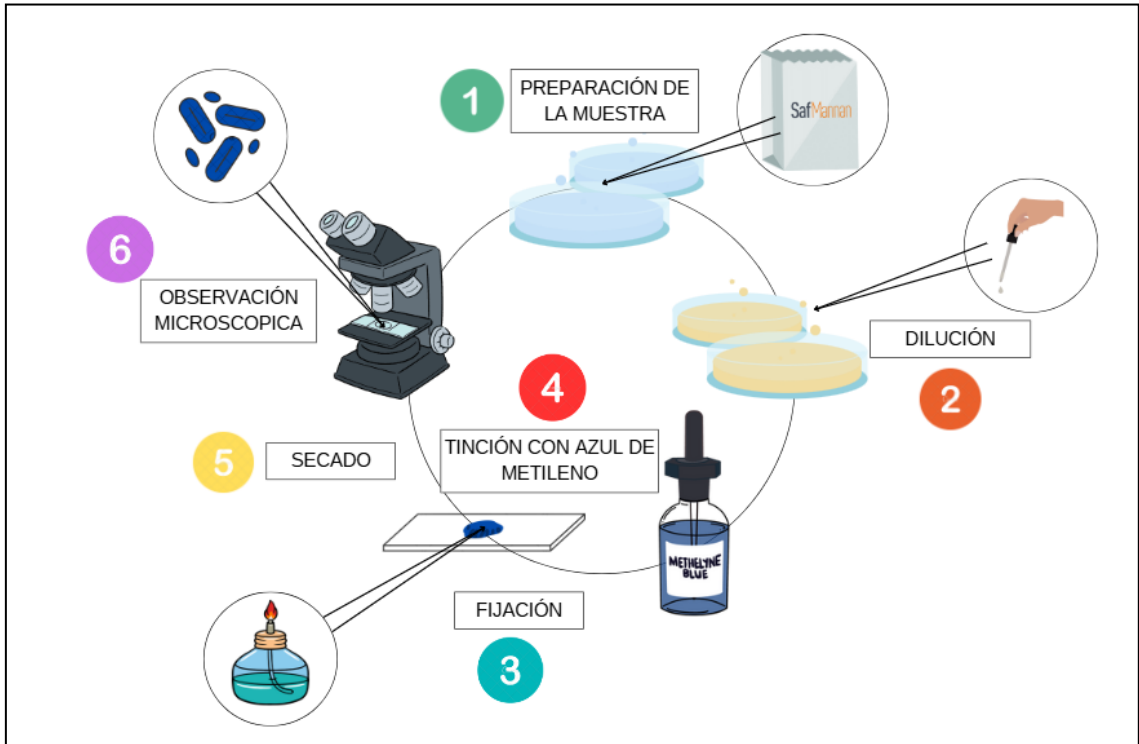
El análisis de las estructuras celulares consistió en el uso de una tinción con azul de metileno sobre una caja Petri donde se colocaron 0.5 g del aditivo alimentario diluido con 2 ml de agua destilada, formando una pasta de consistencia suave, esta mezcla fue colocada con un asa de platino realizando un raspado leve sobre un portaobjeto para ser fijado con un mechero de alcohol, por medio de un acercamiento leve al calor del mechero.

La muestra quedó fijada al portaobjetos donde continuamente se añadió 3 ml de azul de metileno para teñir la muestra, dejándola actuar durante 2 minutos. Trascurrido el tiempo, se limpió el excedente con agua y se colocó nuevamente al fuego, secándola y retirando excedente de humedad.

Una vez fijada y teñida fue observada en diferentes objetivos (4x, 10x, 40x, 100x), garantizando la correcta identificación de las estructuras celulares. Para la observación en el objetivo de 100 x se utilizó aceite de inmersión (Figura 12).

## Figura 12

### Tinción con azul de metileno



*Nota.* La gráfica muestra el protocolo de tinción con azul de metileno en muestras del aditivo empleado

## **7.5 Análisis e identificación histológica con hematoxilina y eosina (H&E)**

El análisis histológico e identificación de restos de la pared celular de la levadura empleada se realizó al final del periodo experimental, para este se utilizaron muestras de 45 peces para todo el proceso, 5 alevines por unidad de cultivo, los cuales fueron capturados aleatoriamente y aislados en recipientes de menor volumen.

Inicialmente, los peces fueron colocados sobre bandejas y preparados para la extracción del tejido, siguiendo las normativas bioéticas descritas por Duncan (2013) y Mason (2016), para la manipulación de organismos vivos. Se cubrió la región anterior del cuerpo, bloqueando la visión general del alevín, dejando libre una pequeña zona de la región cefálica, realizándose una incisión de manera vertical en la región dorso craneal del pez, penetrando para un posterior desliz hacia abajo, cortando el cordón nervioso con la finalidad de interrumpir señales nerviosas reduciendo el dolor en el pez.

Para la extracción del tejido se utilizó un bisturí para una limpieza superficial liberando el cuerpo de escamas, facilitando el paso de las herramientas de disección en la zona. Se realizó una incisión en la región ventral desde el poro urogenital hasta el opérculo como primer corte, con unas tijeras se efectuó un segundo corte desde el área ventral en forma curva hacia la región dorso cefálica, dejando al descubierto los órganos del alevín, para la extracción se utilizaron pinzas metálicas aislándose 1 gramo de tejido intestinal con un leve raspado del contenido y un corte longitudinal,

continuamente este fue colocado en un tubo Eppendorf, dejando la muestra en reposo, siguiendo este mismo procedimiento para los demás tejidos.

Una vez procesadas las muestras, el protocolo de tinción utilizado fue el descrito por Sánchez et al., (2023), donde se trabajó con muestras en fresco para tinciones histológicas con hematoxilina y eosina (H&E).

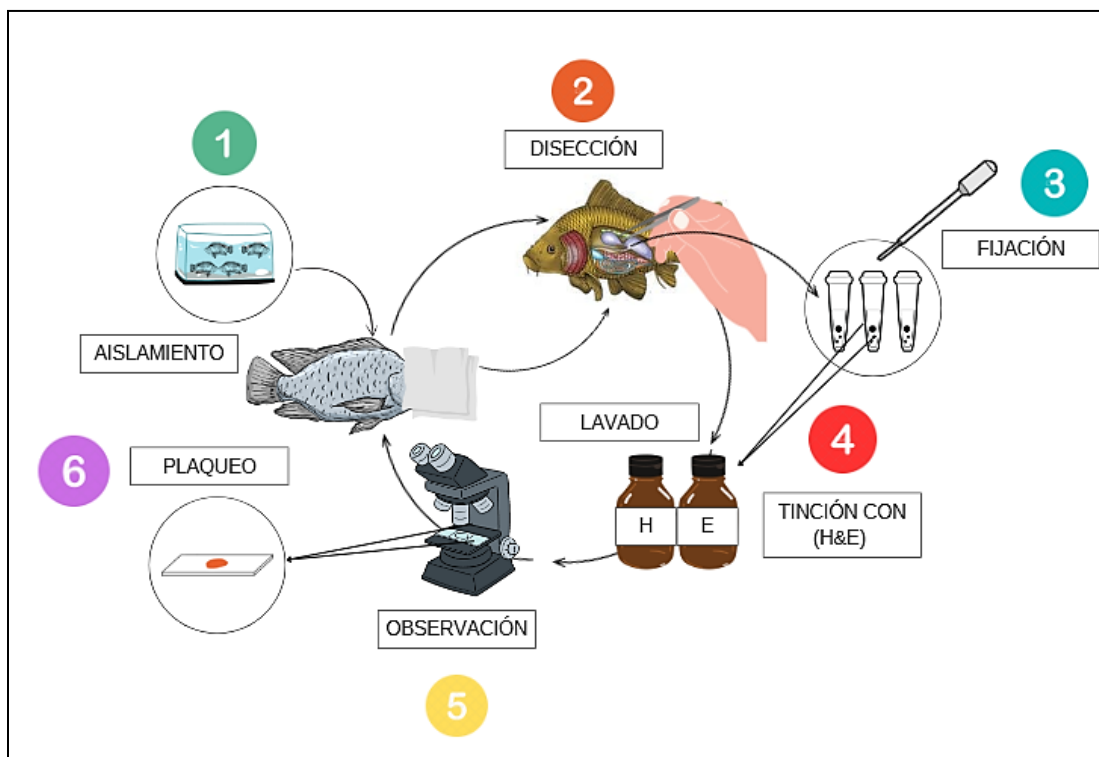
Las muestras obtenidas fueron fijadas con 1 ml de etanol al 70% añadido a cada tubo durante 15 minutos, transcurrido este tiempo se desechó el compuesto y se eliminó los residuos con agua destilada, inmediatamente se agregó 1 ml de hematoxilina en cada tubo Eppendorf y se dejó teñir durante aproximadamente 5 minutos, concluido este periodo se efectuó un lavado de todas las muestras con agua del grifo durante 2 minutos para eliminar excedentes, continuamente los tejidos fueron sometidos a una segunda tinción esta vez con 1 ml de eosina acuosa permitiéndola actuar durante 2 minutos, al cabo de este tiempo se lavó nuevamente con agua destilada y se agregó 1 ml de xileno para disminuir el exceso de tinción sobre el tejido, donde se lavó y plaqueó con cortes continuos leves del bisturí en el tejido para su observación (Figura 13).

Cumplidos los procesos de tinción histológica en el tejido intestinal de los peces, en las muestras de los grupos con las dietas experimentales se evaluó las estructuras celulares adheridas al tejido intestinal.

Las estructuras halladas fueron comparadas con las paredes celulares registradas en la tinción con azul de metileno, relacionando su morfología y estructura para su comprobación sobre el tejido empleado.

### Figura 13

*Tinción con H&E en muestras en fresco*



*Nota.* Proceso de tinción histológico con hematoxilina y eosina para tejido intestinal en alevines de tilapia gris

## **7.6 Morfometría de estructuras celulares**

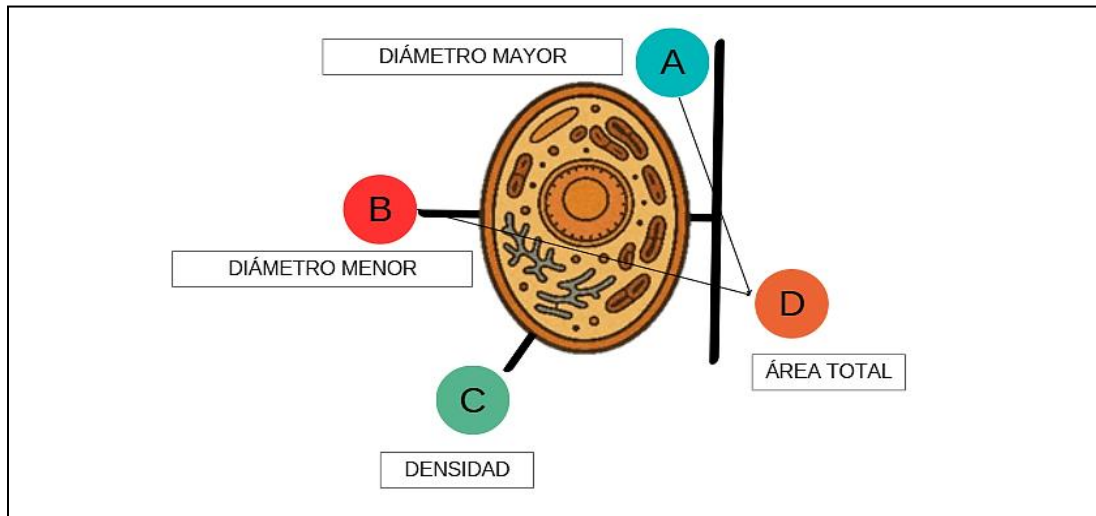
Para las mediciones morfométricas de las estructuras celulares halladas se siguió la metodología descrita por Abdel-Latif et al. (2024), Eissa et al. (2024) e Islam et al. (2021), se procedió al análisis comparativo de las imágenes obtenidas con el fin de identificar diferencias en los restos de levaduras presentes en los tejidos intestinales entre los tres tratamientos experimentales evaluados.

Para la cuantificación y el análisis morfométrico de las levaduras adheridas al epitelio intestinal, se empleó el software ImageJ. Las variables morfométricas consideradas incluyeron altura, ancho, densidad y área total de las células según la medición establecida por Yoda, T (2022). Se llevó a cabo un registro detallado, correspondiente a cada tratamiento suministrado con aditivo. Este procedimiento permitió la obtención de parámetros cuantitativos necesarios para el análisis estadístico de los datos.

Las mediciones de la célula se realizaron conforme al procedimiento ilustrado en la Figura 14, asegurando la consistencia en la recopilación de las medidas morfométricas de las células.

## Figura 14

*Mediciones morfométricas en estructura celular de Saccharomyces cerevisiae*



*Nota.* Mediciones morfométricas en estructuras celulares A: Diámetro mayor o longitud celular ( $\mu$ ) B: Diámetro menor o ancho celular ( $\mu$ ) C: Espesor o densidad de la pared celular ( $\mu$ ) D: Área total de la célula ( $\mu$ ).

Para obtener el área total de la célula, dado que la levadura posee una forma o elipsoidal, se aproximará su área total usando la fórmula del área de una elipse:

$$A_t = \pi \times \frac{A}{2} \times \frac{B}{2}$$

**A:** Diámetro mayor (Longitud celular).

**B:** Diámetro menor (Ancho celular )

**$\pi$ :** Constante matemática ( $\approx 3.1416$ ).

### **7.7 Análisis bromatológico**

El análisis bromatológico consistió en el estudio de cinco parámetros (Carbohidratos, Lípidos, Proteínas, Ceniza y Humedad) sobre composición proximal de las dietas implementadas, determinando el valor nutricional otorgado del concentrado con y sin suplementación, relacionando los porcentajes medios y la variabilidad presente entre de las pruebas bioquímicas en función a las necesidades nutricionales y el rendimiento productivo del *O. niloticus*.

Para esta evaluación se llevó a cabo una preparación adicional de 2 muestras de balanceado de 200 gramos cada una con el aditivo, siguiendo los protocolos mencionados para su elaboración, ambas muestras fueron colocadas en envases herméticos y enviadas a un laboratorio certificado para su análisis, los resultados registrados se obtuvieron posterior a 10 días del envío.

### **7.8 Obtención de datos biométricos**

Durante el estudio se llevó el registro de datos de peso y talla durante las diversas semanas de experimentación, para estos datos se obtuvo una muestra de 10 organismos capturados aleatoriamente por unidad de cultivo, aislándose en un volumen de agua de 10 litros para su procesamiento.

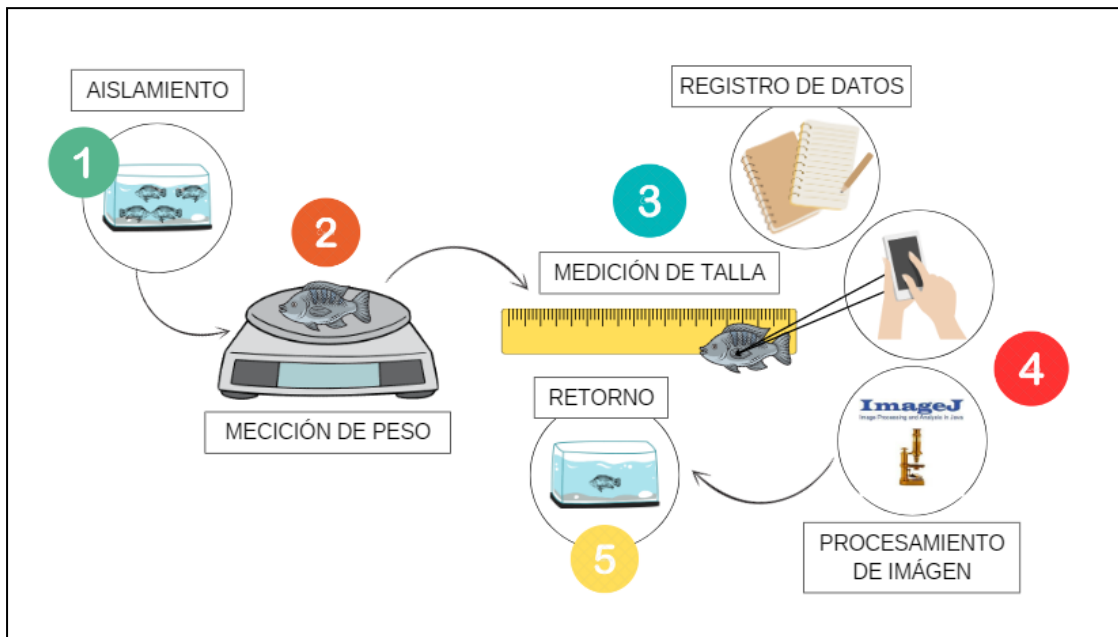
Los organismos fueron colocados en una balanza digital para el registro de datos de peso, y por medio de un ictiómetro se tomaron los datos de longitud total (Desde la boca hasta la aleta caudal), adicionalmente se tomó una fotografía por cada pez

procesado para un análisis de precisión de talla en el programa de análisis fotográfico “Imagen J”

El registro abarcó una totalidad de 90 datos procesados por semana, la biometría se llevó a cabo a partir del inicio de la experimentación para conocer la talla y peso inicial con un intervalo de registro cada 14 días durante 10 semanas, con el fin de minimizar el estrés por manipulación en los alevines. La recolección periódica de datos fue necesaria para conocer la influencia del aditivo y variabilidad respecto a cada grupo sobre los parámetros de rendimiento productivo (Figura 15).

### Figura 15

*Proceso de obtención, registro y análisis de datos biométricos*



*Nota.* La ilustración representa los pasos de obtención de datos sobre muestras aleatorias de alevines del cultivo de los diferentes tratamientos

### **7.8.1 Parámetros de rendimiento productivo**

Al finalizar las pruebas experimentales posteriores a las 10 semanas de estudio, todos los peces fueron cuantificados y los datos obtenidos fueron procesados con la finalidad de determinar los lineamientos productivos registrados por cada unidad de cultivo junto al promedio de su tratamiento.

Para este análisis se usaron las siguientes ecuaciones:

La ganancia de peso (WG) se determinó a través de la siguiente fórmula:

$$WG = [(Peso\ corporal\ final - Peso\ corporal\ inicial) / Peso\ corporal\ inicial] \times 100$$

Por otro lado, la eficiencia alimentaria por medio de:

$$FE\ (\%) = [(Peso\ final\ (g) - peso\ inicial\ (g)) / ración\ de\ alimento\ (g)].$$

La tasa de conversión alimenticia

$$TCA = [(alimento\ suministrado \times número\ de\ días) / (biomasa\ final - biomasa\ inicial)].$$

Por último, la tasa de supervivencia se estableció usando la siguiente expresión:

$$TS = [(Densidad\ final) / (Densidad\ inicial \times 100)].$$

## **7.9 Registro de parámetros de calidad de agua**

El cultivo fue monitoreado periódicamente durante toda la fase de campo la cual estuvo subdividida en los periodos antes descritos, garantizando la calidad del medio, por medio de kits y equipos específicos, se tomó un registro diario de diversos parámetros (Oxígeno disuelto, temperatura, pH, Amonio, Nitritos y Nitratos), en los tanques de cultivo permitiéndose un seguimiento detallado de las condiciones estableciendo los rangos medios en los que se desarrollaban los peces (Tabla 17).

## **7.10 Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico se utilizaron las pruebas de Shapiro-Wilk, para establecer la distribución normal de los datos, una vez comprobada la normalidad de los valores obtenidos, se utilizaron las pruebas paramétricas en función a la tendencia normal de los datos de análisis de varianza (ANOVA), efectuada esta prueba se realizaron pruebas adicionales para identificar diferencias significativas sobre las variables entre TC, T1 Y T2 como las pruebas de Tukey.

En cuanto a la distribución de tendencia de no normalidad se usó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para determinar si existió diferencias significativas entre todos los grupos, dado el caso de que la acción mencionada fuese afirmativa y se rechazara la prueba de Kruskal Wallis se compararon datos mediante las pruebas de Dunn con ajuste de Benjamini-Hochberg para corroborar la eficacia o diferencias de medias entre tratamientos.

## CAPÍTULO IV

### 8. RESULTADOS

#### 8.1 Identificación de paredes celulares con muestras de aditivo.

La identificación celular de las paredes que conforman el aditivo alimentario consistió en una observación microscópica y continua bajo diferentes aumentos (4x-10x-40x-100x) y una tinción de azul de metileno.

La tinción con el objetivo 4x reveló inicialmente una distribución desigual del azul de metileno, donde se mostraban áreas claramente más teñidas, mientras que otras presentaban una tinción menos pronunciada.

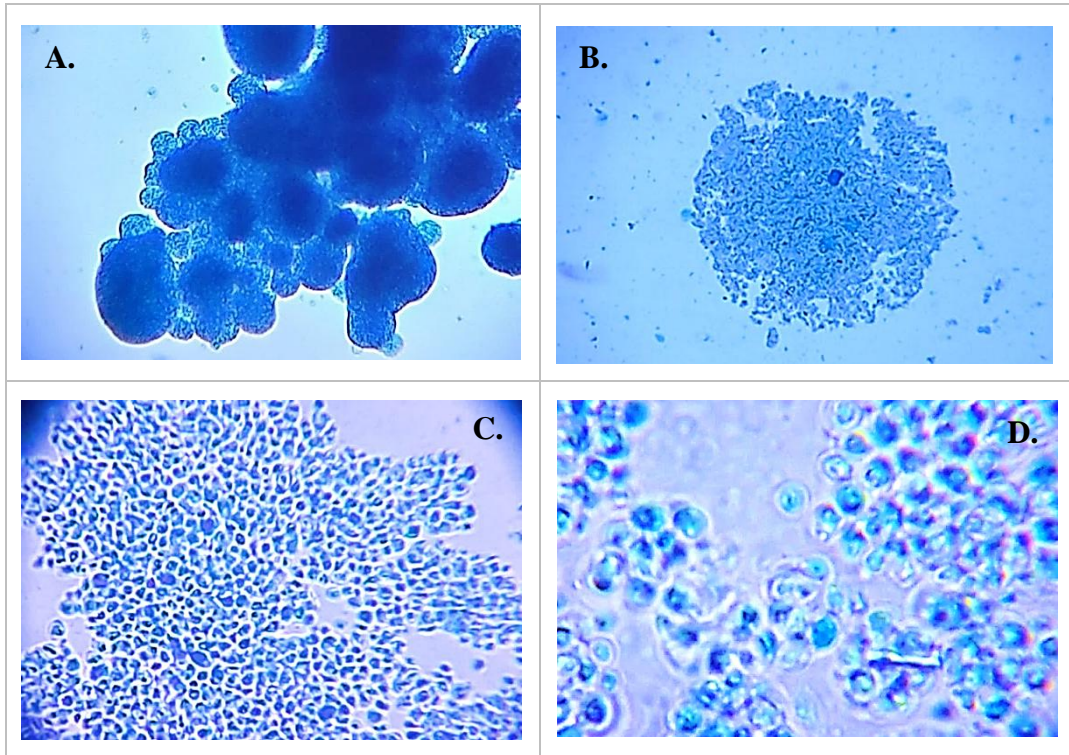
En el objetivo de 10x se visualizó células de *S. cerevisiae* aglomeradas en gran magnitud, lo que dificultó la identificación de estructuras.

Por otro lado, en 40x las células se observaron de forma más individualizada, con una clara diferenciación entre algunos tipos de formas redondas y ligeramente ovaladas, presencia de estructuras que aún conservaban su contenido celular.

Muchas de las paredes observadas presentaron un área sin teñir que bordeaban la estructura celular, denominada mucosa hidrofóbica, que suele ser secretada por esta levadura (Tabla 5).

**Tabla 5**

*Estructuras celulares con tinción de azul de metileno*



*Nota.* Paredes celulares que conforman el aditivo alimentario bajo el microscopio (Tinción azul de metileno). A. Aumento 4x - B. Aumento 10 x - C. Aumento 40 x - D. Aumento 100 x.

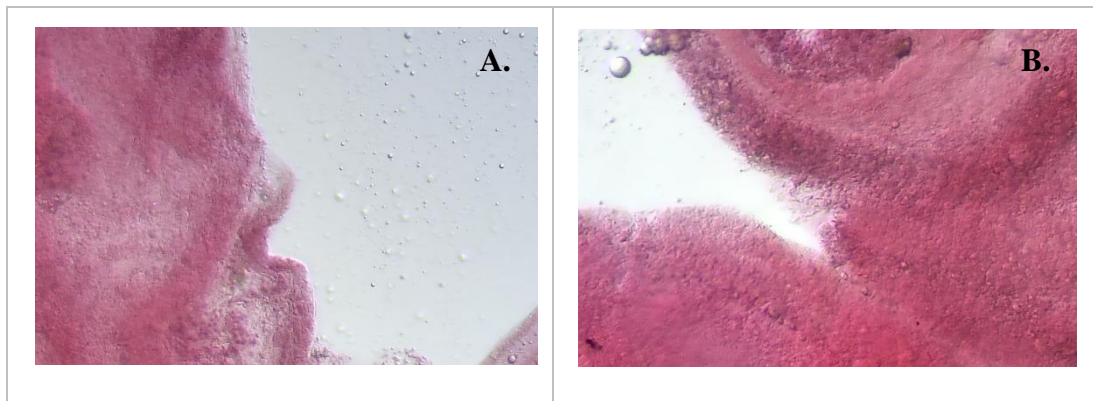
## 8.2 Histología con H&E en tejido intestinal de alevines de tilapia gris.

### 8.2.1 Identificación celular – Tratamiento Control (TC)

La tinción histológica utilizada reveló las estructuras celulares del tejido intestinal de los peces del grupo TC, este tejido se logra observar de manera muy generalizada en tonos rosáceos, característico de la tinción con hematoxilina y eosina, sin presencia de estructuras ovoides o circulares, característica de las estructuras celulares de las levaduras sino de estructura generalmente porosa (Tabla 6).

#### Tabla 6

*Tejido intestinal con tinción de hematoxilina y eosina (H&E) – Tratamiento control (TC).*



*Nota.* Imágenes histológicas de tejido intestinal de alevines de tilapia gris Tratamiento Control (TC). A. Paredes internas del intestino (Aumento 100 x).

### **8.2.2 Identificación de estructuras celulares – Tratamiento 1 y 2**

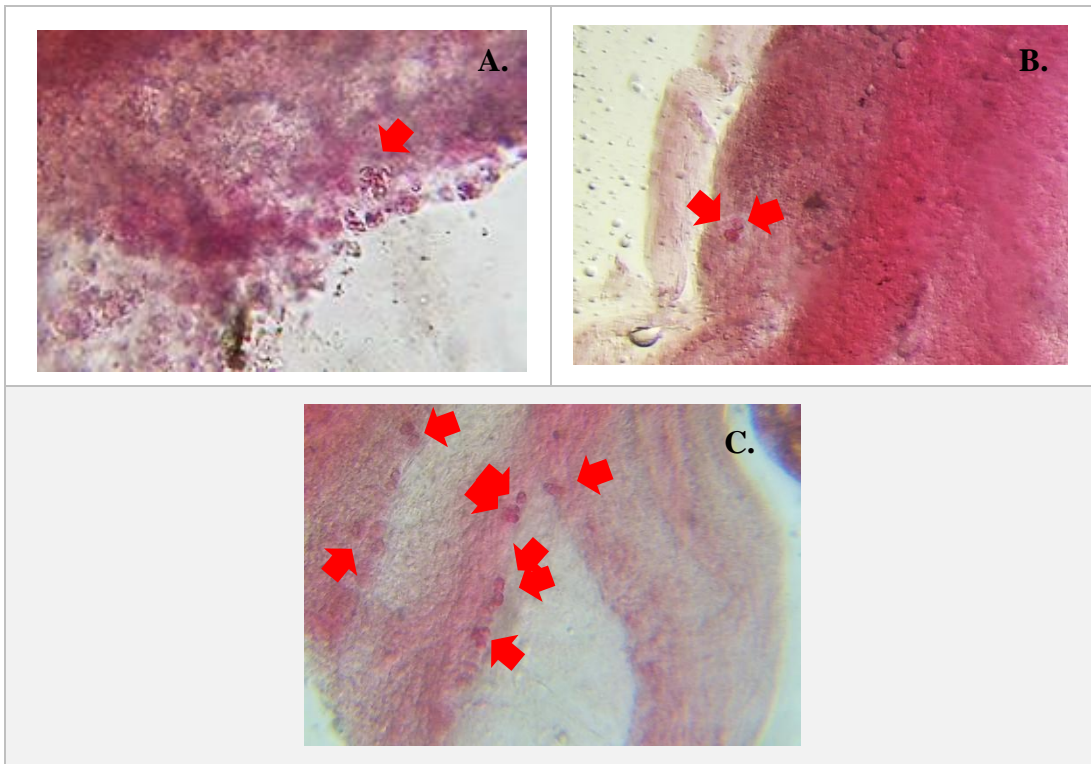
La histología de los peces tratados con el concentrado comercial más la inclusión de la levadura evidenció la colonización de estructuras celulares dispersas sobre toda la pared intestinal de las muestras observadas.

Las células visualizadas se diferenciaron por poseer tonos rosáceos intensos, muchas bordeando la pared más externa de la región intestinal. Respecto a cada tratamiento (T1 y T2) se evidenció una distribución significativa sobre el tejido, mostrándose agrupamientos más abundantes que otros. Muchas de las células visualizadas se veían aún como estructuras completas con un núcleo teñido por la tinción de hematoxilina y eosina, así mismo con una capa translúcida que bordeaba la pared más externa de la levadura.

Muchas otras agrupaciones registradas se llegaron a observar como paredes vacías, teñidas de tonos uniformes y sin diferenciación de otros componentes, tanto en T1 como en T2. Se evidencia una proliferación más abundante de estas estructuras respecto a aquellas con contenido celular observadas en otras áreas del tejido intestinal de los peces de estudio (Tabla 7 y 8).

**Tabla 7**

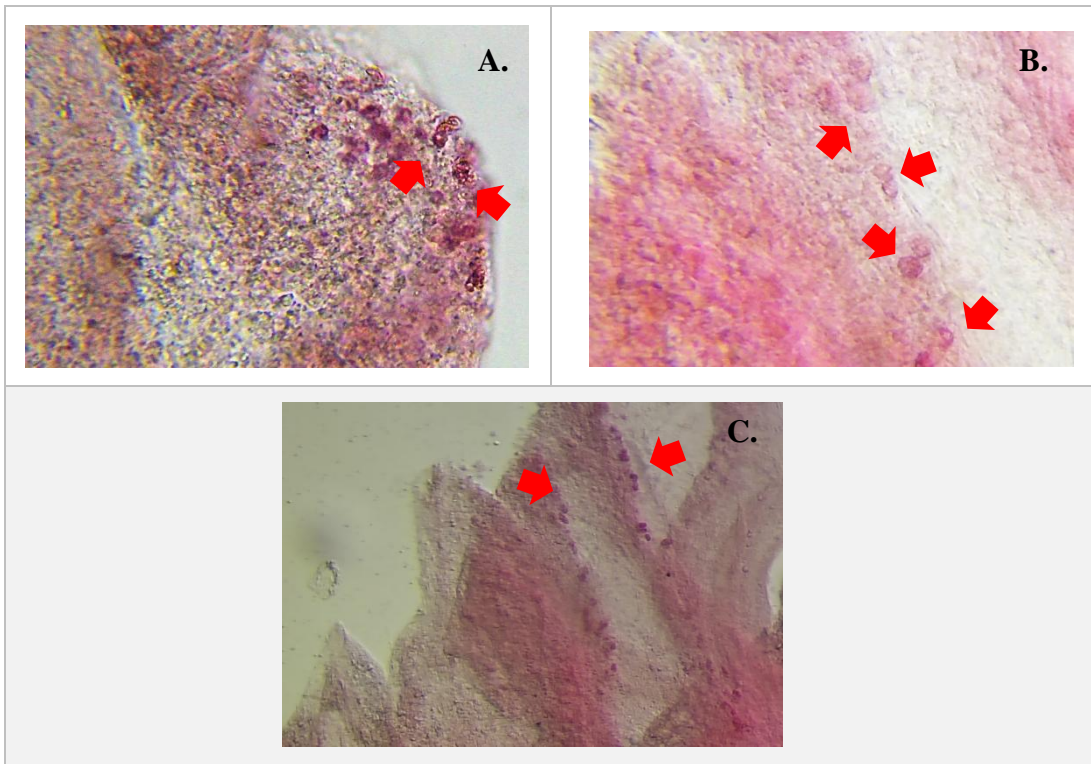
*Estructuras celulares en tejido intestinal con tinción con hematoxilina y eosina (H&E)- Tratamiento 1*



*Nota.* Imágenes histológicas de tejido intestinal de alevines de tilapia gris Tratamiento 1. A. Estructuras celulares completas (Aumento 100 x) B. Paredes celulares (Aumento 100 x) C. Paredes celulares (Aumento 40 x)

**Tabla 8**

*Estructuras celulares en tejido intestinal con tinción con hematoxilina y eosina (H&E) - Tratamiento 2*



*Nota.* Imágenes histológicas de tejido intestinal de alevines de tilapia gris Tratamiento 2. A. Estructura celular completa (Aumento 100 x) B-C. Paredes celulares (Aumento 100 x).

### **8.3 Morfometría de estructuras celulares T1 Y T2**

Las mediciones morfométricas realizadas en ambos tratamientos permitieron comparar cuantitativamente diferentes variables estructurales de células de levadura presentes en el epitelio intestinal de los peces. Las variables analizadas incluyeron longitud celular ( $\mu\text{m}$ ), ancho celular ( $\mu\text{m}$ ), densidad celular ( $\mu\text{m}$ ) y área total ( $\mu\text{m}^2$ ), permitiendo una evaluación integral del estado morfológico de las células en los distintos tratamientos experimentales.

Al comparar los dos grupos, se observaron diferencias en cada una de las variables morfométricas evaluadas. En cuanto a la longitud de las células, el T1 presentó un promedio de  $4.27 \mu$ ; mientras que, el T2 mostró una longitud promedio de  $3.84 \mu$  reflejando una disminución significativa en la longitud celular sobre el T2.

Por otro lado, el ancho celular muestra que el T1 mantiene un promedio superior en tamaño de  $3.53 \mu$ , en comparación con el T2, que presenta un valor de  $2.87 \mu$ . Esta reducción en el ancho puede interpretarse como una indicación de que las células en el T2 están experimentando un proceso de compactación o disminución de su tamaño transversal. Adicionalmente, se observa en la gráfica que existe una distribución de datos más uniforme sobre el T2 en comparación al T1, lo cual muestra que la mayoría de las estructuras registradas revela una degradación más homogénea sobre el ancho celular.

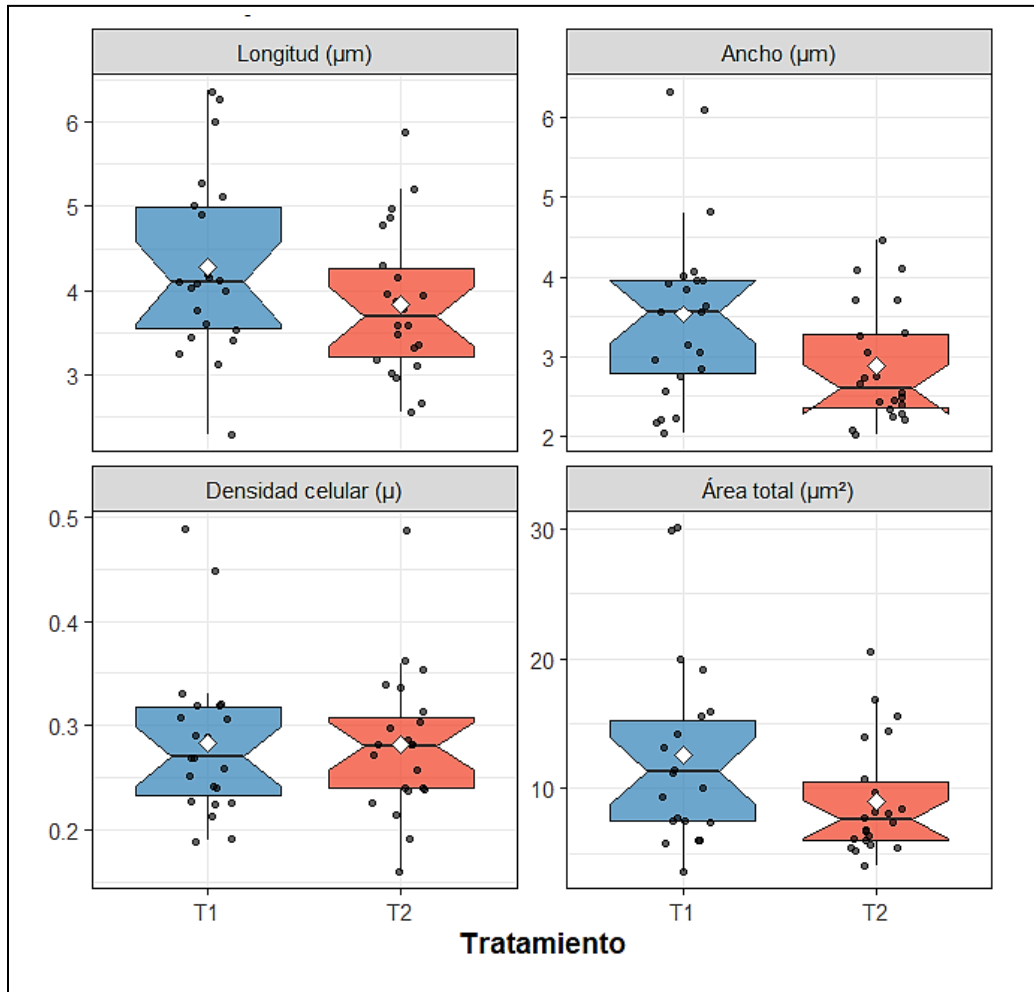
Respecto a la densidad, los valores son idénticos entre ambos grupos ( $0.28 \mu$ ), lo que sugiere que, aunque las células en el T2 eran más pequeñas, no hay diferencias significativas entre ambos tratamientos.

Lo más destacable es la diferencia en el área total de las células. En el T1, el área total promedio es de  $12.60 \mu^2$ , mientras que en el T2 se observa una disminución considerable, alcanzando solo  $9.06 \mu^2$ . Este descenso en el área total sugiere una posible degradación en las células del T2.

Los datos evidenciaron que T2 presenta una disminución significativa en la mayoría de todas las variables evaluadas en comparación con T1, sugiriendo una mayor degradación celular la cual puede estar relacionada con las condiciones del medio intestinal de los alevines de tilapia gris, en el que las células de levadura pueden estar siendo influenciadas por factores biológicos como la degradación innata del intestino y el impacto de la microbiota intestinal (Figura 16)

**Figura 16**

*Mediciones morfométricas de estructuras celulares de Saccharomyces cerevisiae*



*Nota.* La gráfica muestra la comparación de variables de longitud, ancho, densidad y área total entre tratamientos (T1 Y T2).

### 8.3.1. Análisis estadístico – Morfometría celular

#### 8.3.1.1. Longitud celular

Para la primera variable se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk donde el valor obtenido fue de  $W = 0.95318$ ,  $p\text{-valor} = 0.07229$ , mayor al umbral de significancia, estableciéndose la normalidad de los datos. Continuamente, se aplicó una prueba de análisis ANOVA para comparar si existen diferencias significativas entre tratamientos respecto a esta variable (Tabla 9).

**Tabla 9**

*Prueba paramétricas - Análisis de Varianza (ANOVA)*

<b>F. Variación</b>	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F-valor</b>	<b>P-valor</b>
<b>Grupos</b>	1	2.06	2.0641	2.216	0.144
<b>Residuales</b>	42	39.12	0.9313		

Una vez obtenido el valor mediante la prueba ANOVA el valor resultante fue de 0.144 mayor al valor de significancia (0.05). Por lo tanto, se establece que no existe una diferencia significativa entre tratamientos que ambos grupos presentan medidas similares para esta variable.

#### 8.3.1.2. Ancho celular

Para el ancho celular se realizó nuevamente una prueba de normalidad de S-W donde el valor obtenido fue de  $W = 0.88691$ ,  $p\text{-value} = 0.0004413$  confirmándose un valor menor a la significancia, concluyéndose que los datos no mantienen una distribución normal. A partir de este resultado se aplicó la prueba no paramétrica de

Mann-Whitney para comparar la distribución de las medianas de esta variable entre los dos grupos de manera independiente, el resultado obtenido fue  $W = 321.5$ ,  $p\text{-value} = 0.06366$ , indicando que no existen diferencias estadísticas entre la mediana de ambos tratamientos.

#### **8.3.1.3. Densidad celular**

En la variable de la densidad celular se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk donde el valor obtenido fue  $W = 0.90614$ ,  $p\text{-value} = 0.001689$ , menor al nivel de significancia, determinándose que los datos no mantienen una distribución normal, continuamente se realizó una prueba de Mann-Whitney para comparar ambos grupos donde el resultado conseguido fue  $W = 233.5$ ,  $p\text{-value} = 0.8507$ , un valor superior al nivel de significancia, estableciéndose que no existe una diferencia significativa entre tratamientos sobre esta variable.

#### **8.3.1.4. Área total**

Para finalizar, sobre la última variable se realizó así mismo la prueba de normalidad de S-W donde el valor generado fue de  $W = 0.84501$ ,  $p\text{-value} = 0.00003269$ , muy por debajo al umbral de significancia, considerándose que los datos no siguen una distribución normal, se aplicó la prueba Mann-Whitney para la comparación entre grupos obteniéndose un valor de  $W = 322$ ,  $p\text{-value} = 0.06202$ , este valor nos indica que los datos no presentan disparidades notables entre ambos grupos.

#### **8.4 Análisis bromatológico de alimento comercial con aditivo**

El análisis bromatológico consistió en la relación del concentrado comercial más el porcentaje añadido del aditivo alimentario en diferentes dosificaciones, La Tabla 10 muestra una comparación sobre los parámetros bioquímicos valorados y las diferencias respecto a cada dieta incorporada.

El primer parámetro evaluado fueron los carbohidratos, estos representan una fuente de energía alterna que varió respecto a cada dieta. El aumento de la concentración del aditivo aumenta el porcentaje de carbohidratos presentes en el alimento, identificándose una relación directamente proporcional.

Por otro lado, las proteínas mostraron resultados en reducción al porcentaje de concentración, reflejando que la incorporación del aditivo es inversamente proporcional a su concentración

Las grasas en cambios mostraron diferencias respecto al TC, con un 7.00 % de concentración de grasas en comparación a los demás tratamientos los cuales mostraron una disminución en el T1 al  $5.79 \pm 0.15$  y aún menor en el T2 con un valor de  $5.66 \pm 0.15$  en porcentaje de concentración. (Tabla 10).

**Tabla 10**

*Análisis bromatológico de muestras de balanceado con aditivo alimentario en dos diferentes concentraciones*

Parámetros (%)	Alimento Comercial	Alimento Comercial + 5% de aditivo	Alimento Comercial + 10% de aditivo	Método referencial	Normativa estándar
	%	%	%		
<b>Carbohidratos</b>	30.00	31.63	35.17	Cálculo*	
<b>Proteínas</b>	45.00	42.94 ± 2.15	41.28 ± 2.06	Kjeldahl	AOAC 21st 984.13 (ME29-PG20- PO02-7.2 FQ)
<b>Humedad</b>	12.00	11.07 ± 0.23	9.40 ± 0.20	Secado al horno	ISO 6496:1999 (ME27-PG20- PO02-7.2 FQ)
<b>Grasas</b>	7.00	5.79 ± 0.15	5.66 ± 0.15	Soxhlet	AOAC 21st 920.39 (ME30-PG20- PO02-7.2 FQ)
<b>Cenizas</b>	8.00	8.57 ± 0.23	8.49 ± 0.23	Incineración	ISO 5984:2002 (ME21-PG20- PO02-7.2 FQ)

*Nota.* Comparación del análisis nutricional de muestras de balanceado más el aditivo en diferentes concentraciones, realizadas por un laboratorio certificado, más el contenido nutricional del balanceado comercial obtenido de la ficha técnica.

## 8.5 Relación peso-talla

La relación peso-talla se consideró mediante los grupos experimentales, los cuales iniciaron con una Talla inicial ( $T_i$ ) = 3.5 cm y un Peso inicial ( $P_i$ ) = 0.86 g en promedio. Durante las mediciones, se observó una tendencia de crecimiento progresivo en la talla a medida que aumentaba el peso de los peces.

Los valores del TC manifestaron un aumento en el peso de manera moderada y consistente en función a la talla en comparación a los peces del T1, los cuales evidenciaron un aumento de peso relativamente más alto, lo cual sugiere que este tratamiento pudo haber favorecido un crecimiento más acelerado en términos de peso en relación con la talla.

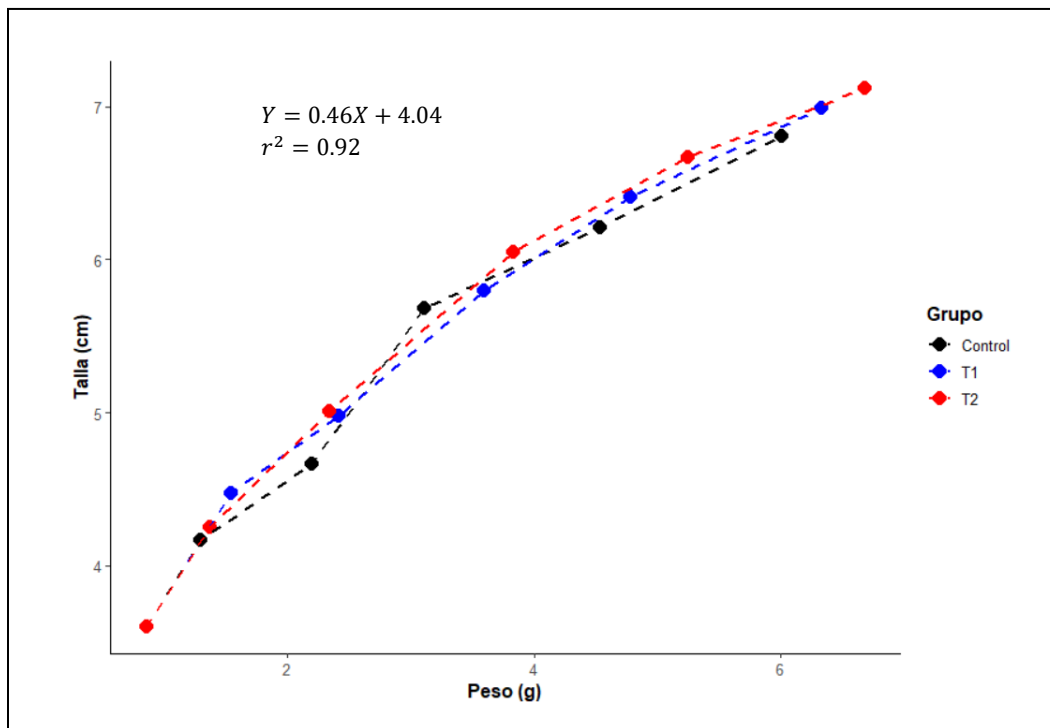
Por otro lado, el T2 mostró una tendencia similar, aunque con un patrón de crecimiento ligeramente distinto al del T1. Los peces en este grupo también presentaron un avance en talla progresivo a medida que aumentaba su peso, pero con un incremento superior al de ambos grupos (T1 y TC).

En conjunto, el T1 como el T2 influyeron positivamente en el aumento de peso de los peces en comparación con el grupo de TC, aunque el efecto del T2 parece haber sido más marcado, obteniéndose un  $T_f = 7.12$  cm de  $P_f = 6.68$  g de peso, respecto a los demás grupos que alcanzaron valores de 6.81 cm y 6.01 g para el TC y 6.99 cm y 6.33 g para el T1 (Figura 17). En función a este análisis se puede llegar a determinar que los tratamientos aplicados no solo promueven el crecimiento en

términos de peso, sino que también podrían influenciar la eficiencia alimentaria y otras variables sobre el rendimiento productivo de los organismos.

**Figura 17**

*Relación peso-talla por grupo experimental*



*Nota.* La gráfica representa la comparación de los grupos experimentales (TC - T1 - T2) sobre las variables de peso y talla.

## **8.6 Parámetros de rendimiento productivo**

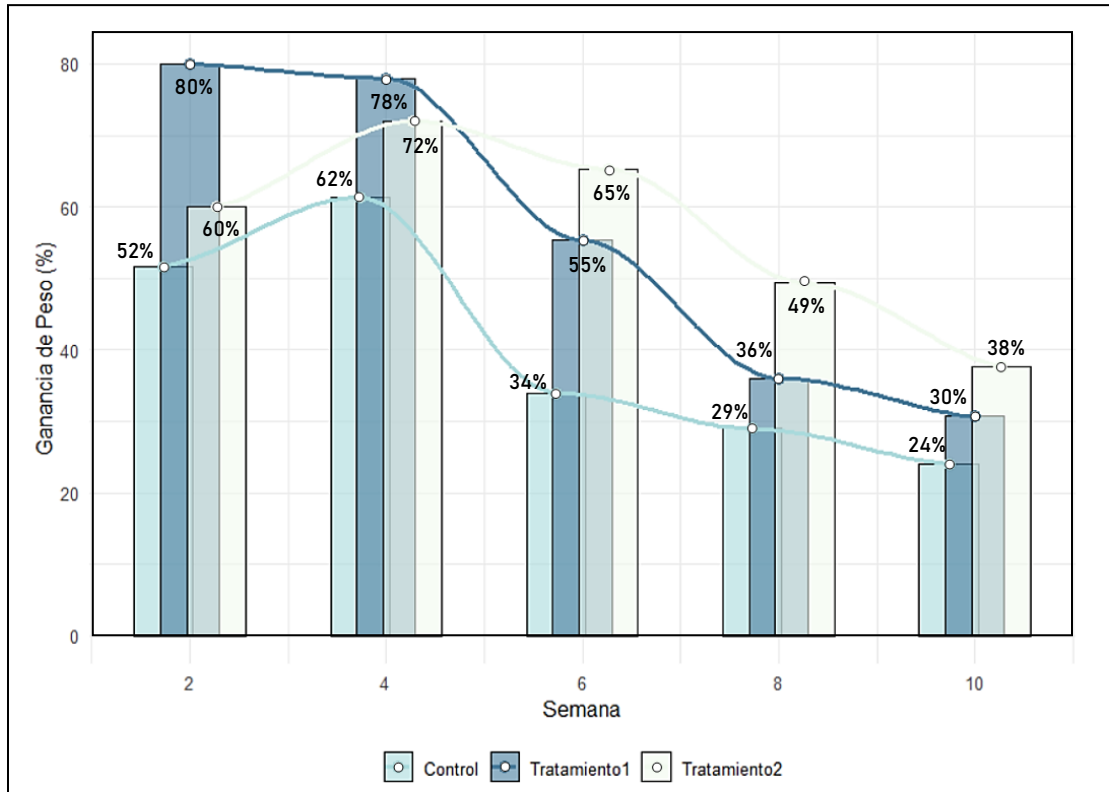
### **8.6.1 Ganancia de peso (WG)**

La ganancia de peso registrada en cada uno de los grupos refleja una variabilidad progresiva en los diferentes tratamientos a lo largo de todo el periodo experimental, se observa que durante las primeras semanas (2 y 4) el T1 destacó con un porcentaje en ganancia que vario del 80% para la semana 2 reduciéndose al 78% para la semana 4, de manera muy distinta el T2 inicio con un 60% de ganancia y el TC con un 52% de la misma.

A diferencia del T1, los grupos restantes obtuvieron una ganancia de peso significativa para la semana 4. a partir de la semana 6 todos los grupos disminuyeron el porcentaje acumulado de las semanas anteriores y este registro fue progresivo hasta el final del experimento. Las diferencias expresadas mediante el gráfico muestran que, a pesar de este decrecimiento ilustrado por todos los grupos experimentales, es destacable que el T2 se mantiene por encima de los demás grupos y que este es precedido cercanamente por el T1 hasta el final del estudio, el último registro evaluado de TC, T1 Y T2 establece que al final del periodo, el TC obtuvo un valor en la ganancia del 24% seguido del T1 con un aumento al 30%, donde y por último encontrándose la T2 con un valor del 38% (Figura 18).

**Figura 18**

*Ganancia de Peso por tratamiento*



*Nota.* La gráfica muestra la ganancia de peso (WG) a lo largo de las diez semanas de experimentación.

### 8.6.1.1 Análisis estadístico – Ganancia de peso (WG)

Para el análisis estadístico sobre la ganancia de peso (WG) se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk obteniendo un p-valor de: 0.0575, comprobando la normalidad de datos respecto al umbral de significancia (0.05). Dado el grado de distribución normal, se aplicó la prueba paramétrica de Análisis de Varianza (ANOVA) (Tabla 11).

**Tabla 11**

*Prueba paramétricas - Análisis de Varianza (ANOVA)*

<b>F. Variación</b>	<b>Df</b>	<b>Sum Sq</b>	<b>Mean Sq</b>	<b>F-valor</b>	<b>P-valor</b>
<b>Grupos</b>	2	2706	1353.1	4.3	0.020
<b>Residuales</b>	42	13218	314.7		

*Nota.* La tabla representa el análisis ANOVA sobre los grupos experimentales (Df: Grados de libertad; Sum Sq: Suma de cuadrados; Mean Sq: Promedio de suma de cuadrados; F-valor: estadístico F; P-valor: umbral de significancia)

El análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre los datos de ganancia de peso (WG) permitió evaluar las diferencias en la media entre cada uno de los grupos estudiados (TC-T1-T2). El resultado de ANOVA indicó un valor p de 0.020 (Tabla 11), lo que sugiere que existen diferencias significativas en la ganancia de peso entre los grupos comparados. Establecido este valor se usaron las pruebas de Tukey para identificar los tratamientos que son significativamente diferentes entre sí y determinar la variabilidad de la eficacia respecto a los grupos de estudio (Tabla 12).

**Tabla 12***Pruebas de Tukey aplicada sobre la Ganancia de peso*

<b>Comparación</b>	<b>Diff</b>	<b>Lwr</b>	<b>Upr</b>	<b>p-adj</b>
<b>T1-Control</b>	16.00	0.26	31.74	0.0456
<b>T2-Control</b>	16.87	1.13	32.60	0.0333
<b>T2-T1</b>	0.87	-14.87	16.60	0.9902

*Nota.* La tabla representa la comparación de medias mediante las pruebas de Tukey entre grupos experimentales. (*Diff: Diferencia media – Lwr: Límite inferior – Upr: Límite superior- p-adj: p valor ajustado*)

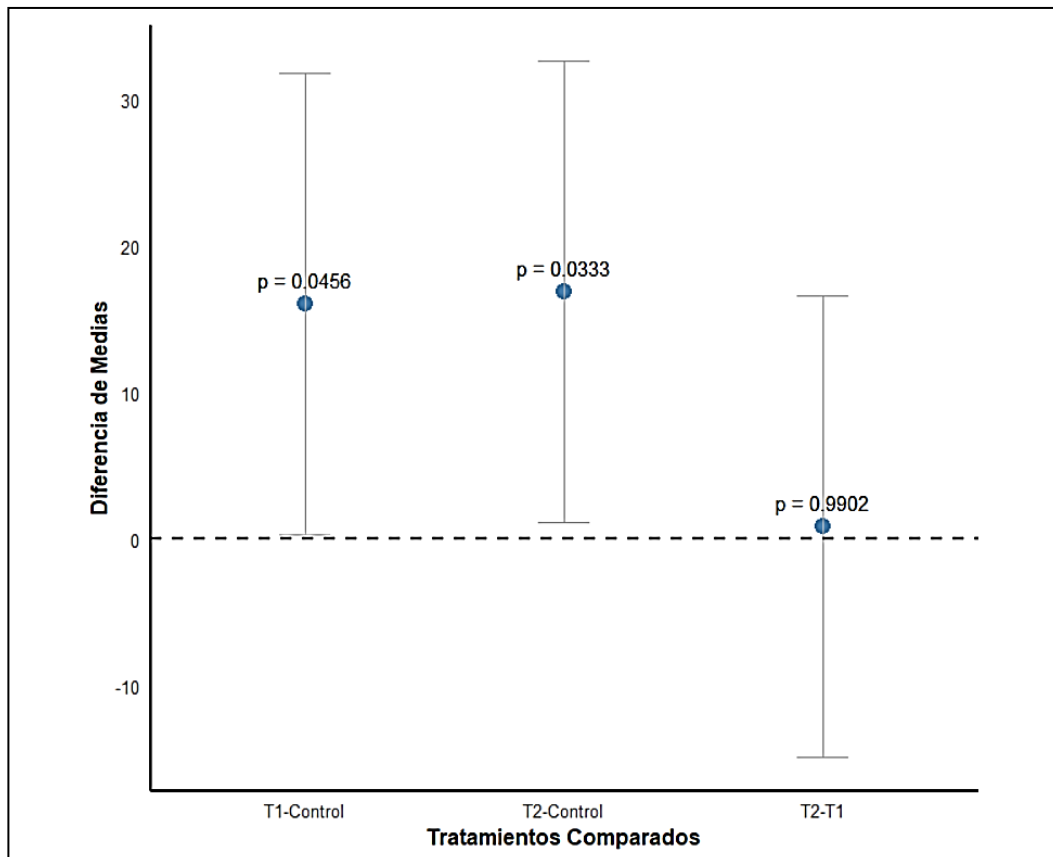
Los datos obtenidos a partir del empleo de las pruebas de Tukey inicialmente establecen que la comparación realizada sobre el T1 y el TC muestran que existe una diferencia de medias de 16.00, con un intervalo de confianza que va de 0.26 a 31.74, y un p adj de 0.0456. Indicando que el T1 tiene un efecto positivo significativo en la ganancia de peso en comparación con el TC, mostrando que la intervención aplicada en este grupo es efectiva.

Por otro lado, en la relación evaluada en el T2 y el TC muestra que también hay una diferencia de medias considerables, la cual resultó en un valor de 16.87, con un intervalo que va de 1.13 a 32.60, y un p adj de 0.0333. Este resultado también indica que el T2 es significativamente más efectivo que el TC, lo que refuerza la conclusión de que ambos tratamientos (1 y 2) contribuyen a una mejor ganancia de peso en comparación a no recibir una dieta con aditivo alimentario. Sin embargo, la comparación realizada entre ambos tratamientos (1 y 2) establece una pequeña

diferencia de medias de 0.87, con un intervalo de confianza -14.87 a 16.60, y un p adj de 0.9902. Este hallazgo indica que no hay una diferencia significativa entre Tratamientos. Lo cual sugiriendo que, aunque ambos grupos son efectivos en comparación con el TC, no se puede afirmar que uno sea superior al otro en términos de ganancia de peso (Figura 19).

### Figura 19

*Comparación de tratamientos mediante la prueba de Tukey*



*Nota.* La gráfica representa los resultados de las medias respecto a la prueba de Tukey para la Ganancia de peso

Este análisis revela que ambos tratamientos (T1 y T2) resultan en ganancias de peso significativamente mayores en comparación con el TC, lo que implica que la aplicación efectuada para estos grupos es beneficiosa. Sin embargo, la falta de diferencia significativa entre los dos tratamientos con aditivo sugiere que podrían ser igualmente efectivos en lo que concierne a ganancia de peso sobre el cultivo de alevines de tilapia gris.

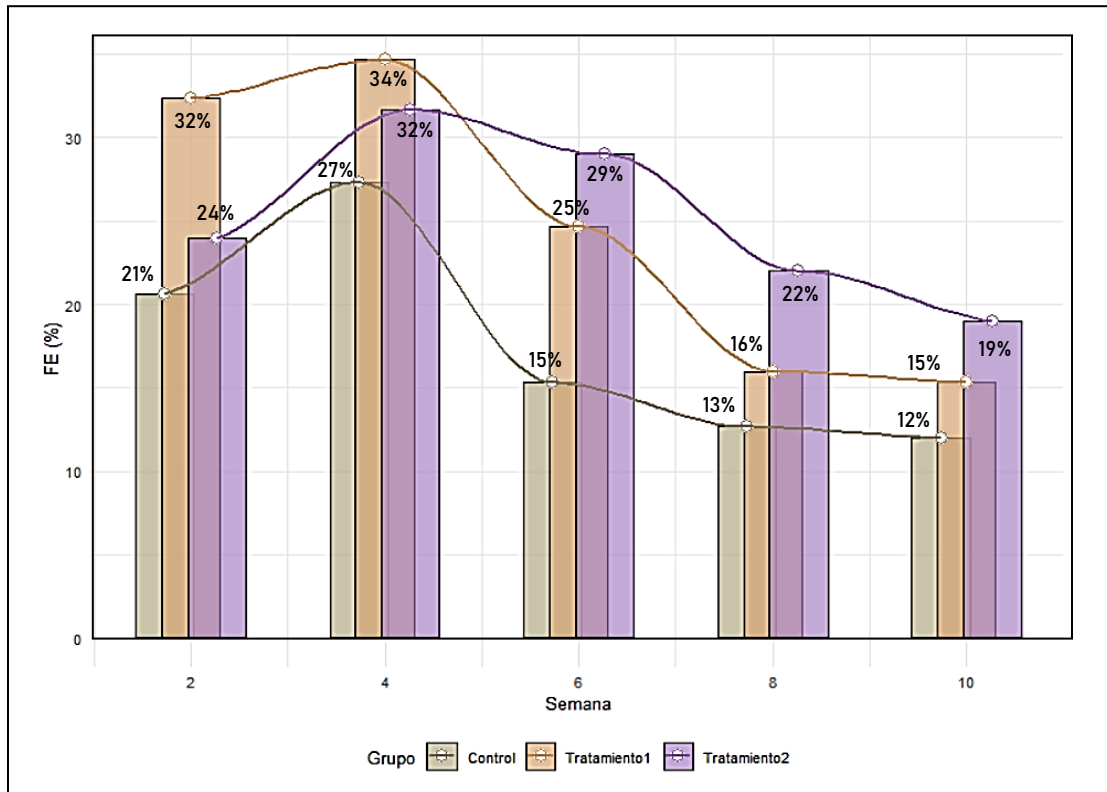
### **8.6.2. Eficiencia alimentaria (FE)**

En función a la eficiencia alimentaria se observó una divergencia significativa sobre los grupos, durante las primeras semanas el T1 destacó con una eficacia porcentual alimentaria del 34% relativamente más alta en comparación al T2 con 24% y el TC 21%. Para la semana cuatro el incremento de esta variable fue significativo para todos los grupos en general, manteniéndose el T1 elevado respecto a los demás tratamientos como muestra la Figura 20, a partir de la semana 6 y hasta el final del experimento el FE disminuyó progresivamente en un desarrollo destacable del T2 con un valor de 19% para el final del experimento, no similar al registrado durante las primeras semanas, pero mucho mejor que los demás grupos (Figura 20).

Es considerable la eficiencia alimentaria del TC que mantuvo esa variabilidad similar a los tratamientos reflejándose que las dietas con la incorporación de aditivo alimentario fueron eficientes para la prueba con mayor concentración (T2)

**Figura 20**

*Eficiencia alimentaria (FE) por tratamiento*



*Nota.* Comparación de eficiencia alimentaria (FE) entre tratamientos durante periodo experimental

### 8.6.2.1 Análisis estadístico – Eficiencia alimentaria (FE)

Para los datos de eficiencia alimentaria registrados se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, resultando en un estadístico W de 0.94615 y un p-valor de 0.03636. Dado que el p-valor fue inferior al valor de significancia del 5%, se rechaza la hipótesis nula. Este resultado indica que la distribución de los datos no se ajusta a la normalidad aplicándose la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Tabla 13)

**Tabla 13**

*Prueba no paramétrica- Kruskal-Wallis*

<b>Chi<sup>2</sup></b>	<b>Df (Grados de libertad)</b>	<b>P-value</b>
<b>9.848</b>	2	0.007282

*Nota.* La tabla muestra los valores obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para la eficiencia alimentaria (FE)

La prueba de Kruskal-Wallis mostró un chi-cuadrado de 9.8448 con un p-valor de 0.007282, lo que indica diferencias sobre la eficiencia alimentaria entre los grupos de estudio (TC, T1 y T2). Este resultado indica que los diferentes tratamientos alimentarios tienen un efecto sobre la eficiencia alimentaria de los alevines de tilapia gris. Para identificar esta diferencia entre tratamientos se utilizó la pruebas de Dunn con corrección de Benjamini-Hochberg (Tabla 14).

**Tabla 14**

*Prueba de Dunn (Post Hoc) para Comparación de Grupos (con Corrección de Benjamini-Hochberg)*

<b>Comparación</b>	<b>TC</b>	<b>Tratamiento 1</b>	
<b>Tratamiento 1</b>	2.3538412		Z
	<b>0.0279</b>		<i>p-value</i>
<b>Tratamiento 2</b>	2.9736396	0.6197984	Z
	<b>0.0088</b>	<b>0.5353</b>	<i>p-value</i>

*Nota.* La tabla compara el estadístico de prueba Z y el p-value obtenido de cada grupo (TC-T1-T2)

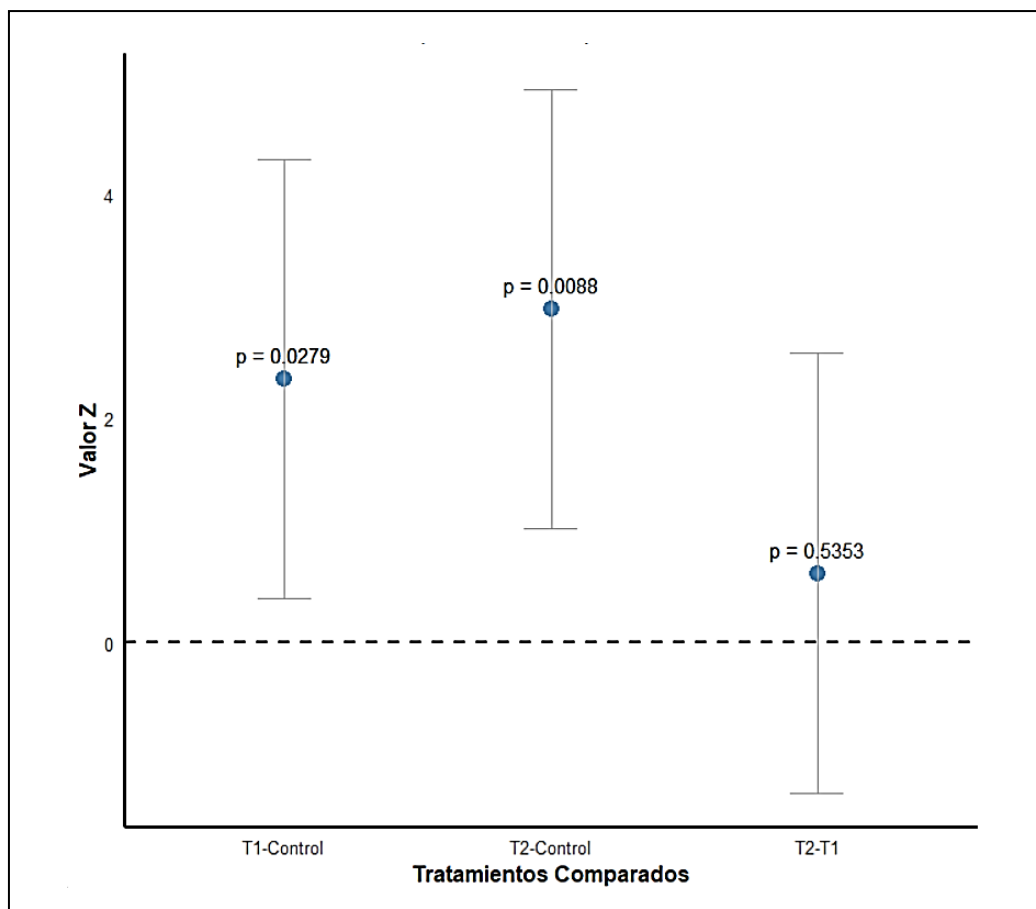
Los resultados obtenidos muestran que entre el TC y el T1 existe una diferencia observada, puesto que el estadístico Z obtuvo un valor de 2.353, con un p-value ajustado (P.adj) de 0.0279. Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas entre estos dos grupos, dado que el p-valor ajustado es menor que al umbral de significancia del 0.05. Mostrado que el T1 representa una eficacia alimentaria diferente y superior al TC.

La comparación entre el T2 y el TC muestra un valor del estadístico Z de 2.973 y un p-valor de 0.0088. Nuevamente, el p-valor es significativamente menor al 0.05, lo que demuestra que existe evidencia suficiente para concluir que hay una diferencia significativa sobre la eficiencia alimentaria entre estos grupos. Por último, entre T1 Y T2 el valor Z fue de 0.619, con un p-valor ajustado de 0.5354. Este resultado se entiende como no significativo, lo que sugiere que no hay una diferencia

estadísticamente amplia en la eficiencia alimentaria entre ambos grupos. Señalándose que a pesar de que ambos tratamientos son diferentes del TC, no se diferencian entre sí en términos de su eficacia (Figura 21).

**Figura 21**

*Comparación de tratamientos mediante la prueba de Dunn*



*Nota.* La gráfica representa los resultados de las medias respecto a la prueba de Dunn para la eficiencia alimentaria.

Los resultados de las pruebas de Dunn indican que tanto el T1 como el T2 tienen un efecto significativo, determinándose que ambos grupos llegan a ser efectivos, pero el impacto de cada uno en la eficiencia alimentaria llega a ser similar

### **8.6.3. Tasa de conversión alimenticia (TCA)**

La tasa de conversión alimenticia tuvo una gran versatilidad en los diferentes grupos experimentales. Inicialmente, el grupo TC indicó un aumento progresivo en los datos registrados, con una distribución relativamente amplia de gran uniformidad en comparación a los demás grupos. La Figura 22 muestra que para el TC la conversión de alimento en biomasa fue mayor respecto a los demás tratamientos, con una media final de 3.52 para el final del experimento y un rango de distribución que fue desde el 1.90 al 4.89, siendo este último valor el más altamente registrado y categorizado como un indicador de baja productividad para este grupo.

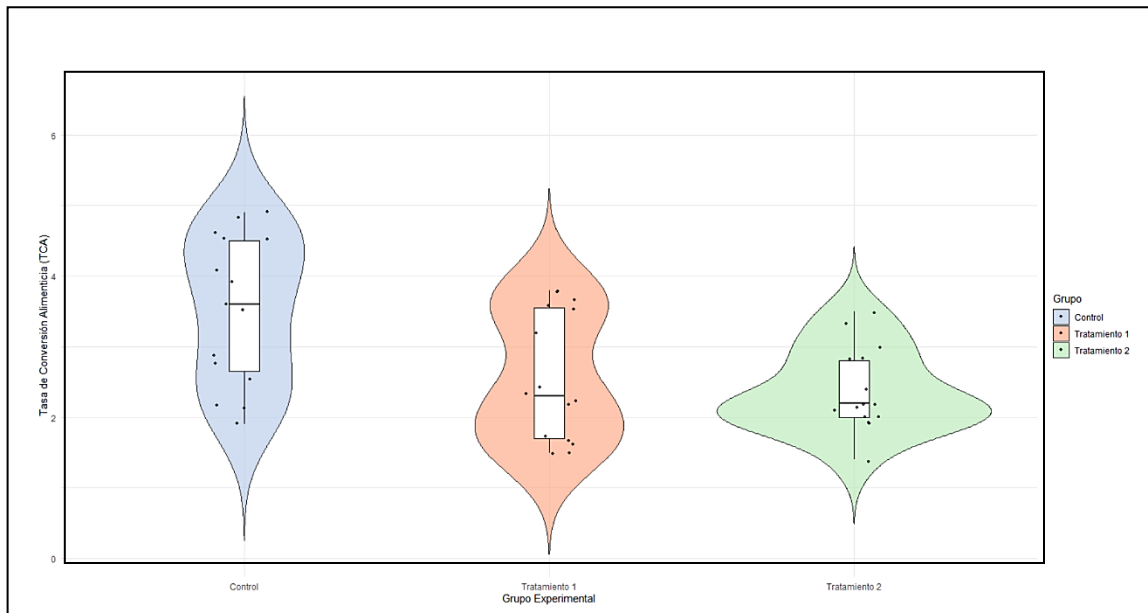
Por otra parte, en el T1 se muestra una mejoría en el registro de datos con una distribución de valores ligeramente más reducida, obteniéndose un promedio de 2.58, muchos de los valores se sitúan por debajo de la media, alcanzándose un rango de productividad mejor que el TC, con valores que se situaron entre 1.45 a 3.77 mostrando una diferencia significativa en el grupo que contenía el aditivo alimentario sobre el TCA.

Por último la distribución en el TCA para el T2 tuvo una mejoría más evidente en comparación a los demás grupos de estudio, se muestra que la distribución de datos para este tratamiento es reducida, así mismo de gran uniformidad, a diferencia

del TC esto implica que muchos de los valores obtenidos no variaron elevadamente durante las 10 semanas de experimentación, consiguiéndose una media de 2.37 para el final del experimento y un rango de distribución de 1.44 a 3.29 valores ligeramente mejores que el T1.

### Figura 22

*Distribución del TCA por grupo experimental.*



*Nota.* Gráfica de violín representando los valores de TCA obtenido durante todo el periodo de cultivo.

### 8.6.3.1 Análisis estadístico - Tasa de conversión alimenticia (TCA)

Para el análisis realizado sobre la tasa de conversión alimenticia (TCA) se utilizaron las pruebas de S-W evaluando la distribución normal de datos, el resultado obtenido bajo esta prueba fue de un p-valor:  $0.011 < 0.05$  confirmando que los datos de TCA no siguen una distribución normal. A partir de este resultado, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la comparación del TCA en los grupos de estudio (Tabla 15).

**Tabla 15**

*Prueba no paramétrica- Kruskal-Wallis*

<b>Chi<sup>2</sup></b>	<b>Df (Grados de libertad)</b>	<b>P-value</b>
<b>9.95</b>	2	0.01

Los resultados obtenidos mediante el uso de esta prueba arrojaron un valor de  $X^2$  de 9.95 y un p-value de 0.01, esta prueba evalúa contrastes sobre todos los grupos y define según el p-value:  $0.01 < 0.05$ , que en al menos 2 de los 3 grupos de estudio existen diferencias significativas entre sí, al rechazarse la prueba de Kruskal-Wallis es necesario conocer en cuál de estos grupos se dan estas diferencia y para esto se requirió de un análisis “post hoc”, para determinar los detalles específicos respecto a cada grupo (TC-T1-T2), para este estudio se utilizaron las pruebas de Dunn, con corrección de Benjamini-Hochberg (HB) (Tabla 16).

**Tabla 16**

*Prueba de Dunn (Post Hoc) para Comparación de Grupos (con Corrección de Benjamini-Hochberg)*

<b>Comparación</b>	<b>TC</b>	<b>Tratamiento 1</b>	
<b>Tratamiento 1</b>	2.387398		Z
	<b>0.0127</b>		<i>p-value</i>
<b>Tratamiento 2</b>	2.979027	0.591629	Z
	<b>0.0043</b>	<b>0.2770</b>	<i>p-value</i>

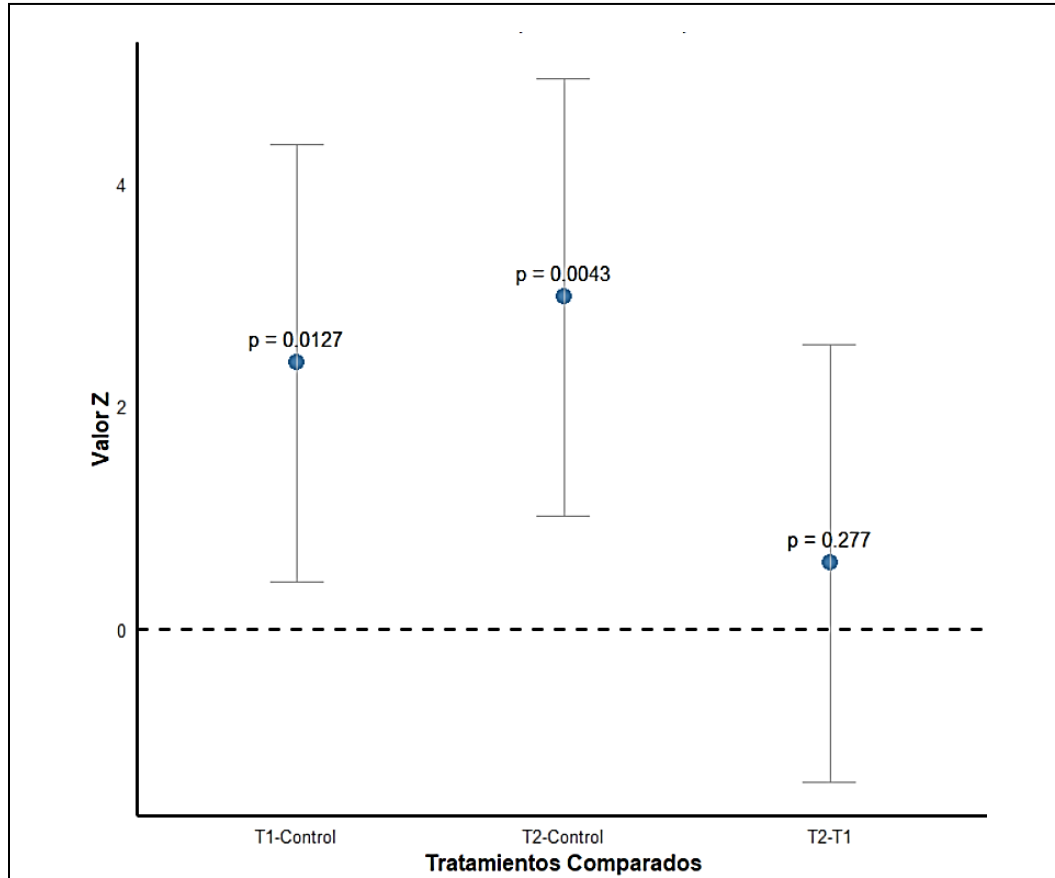
*Nota.* La tabla compara el estadístico de prueba Z y el p-valor obtenido de cada grupo (TC-T1 Y T2)

Los resultados mostraron diferencias significativas entre el TC y T1 ( $p = 0.0127$ ), y entre el TC y T2 ( $p = 0.0043$ ), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre T1 y T2 ( $p = 0.2770$ ).

Este análisis sugiere que el TCA en los tratamientos es significativamente diferente al TCA del grupo TC, pero así mismo no se observa una diferencia significativa entre los dos tratamientos. Esto implica que ambos tratamientos afectan de manera similar el TCA en comparación con el TC. Esta respuesta reafirma la idea de que ambos grupos (T1 Y T2) son igualmente efectivos sobre la conversión de alimento en biomasa (Figura 23).

**Figura 23**

*Comparación de tratamientos mediante la prueba de Dunn*



*Nota.* La gráfica representa los resultados de las medias respecto a la prueba de Dunn para el TCA

#### **8.6.4 Tasa de supervivencia (TS)**

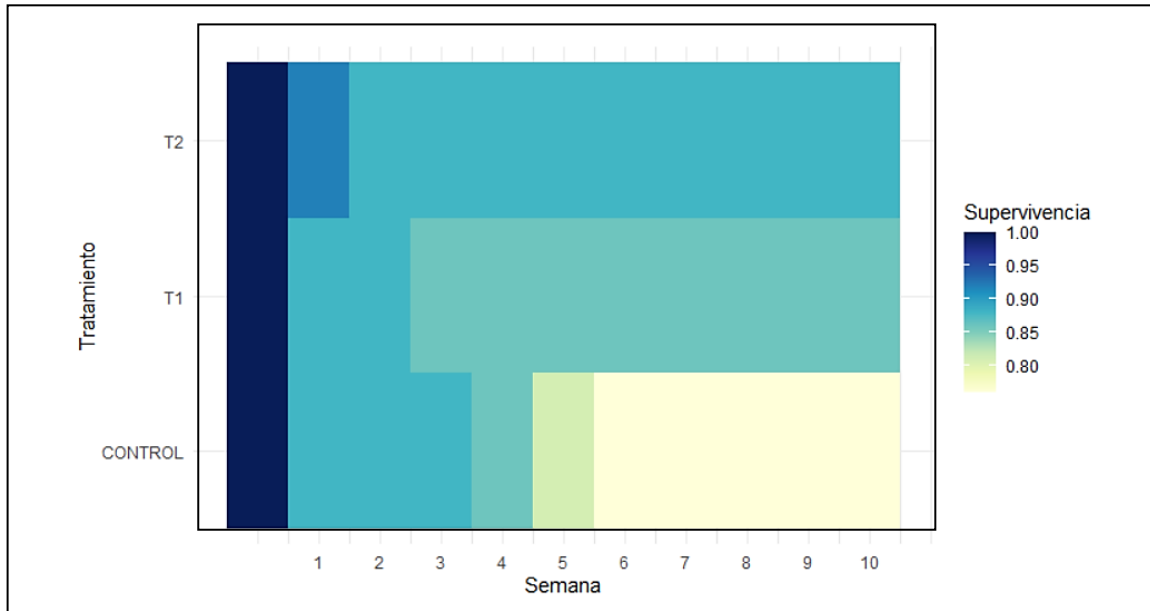
A partir del inicio del cultivo y el transcurso de las semanas, la supervivencia vario significativamente dentro de los diferentes grupos experimentales, mediante la Figura 24 se observa que durante las primeras semanas la disminución de la tasa de supervivencia se mantuvo relativamente bien, con excepción del T2 que mantuvo la Tasa de supervivencia al 95% superior en comparación a los demás grupos. Durante el transcurso de la siguiente semana no hubo una reducción significativa de la supervivencia, únicamente un igualamiento de la tasa de supervivencia en el T2 respecto a los demás tratamientos.

A partir de las siguientes semanas en adelante la supervivencia de este grupo (T2) se mantuvo hasta el final del experimento, mientras que para el T1 existió una disminución al 90% adicional para la semana 3, a partir de esta semana no hubo cambios sobre este tratamiento.

Por otro lado, el grupo TC fue el más evidentemente pronunciado con una disminución progresiva durante todo el periodo experimental, evidenciándose un contraste respecto a los tratamientos con aditivo, para el TC al final del periodo experimental la Tasa de supervivencia llegó a un 80% considerándose la más baja de entre todos los demás grupos evaluados.

**Figura 24**

*Supervivencia por grupo experimental*



*Nota.* La gráfica representa la tasa de supervivencia a lo largo de la experimentación, Heatmap.

## 8.7. Registro de parámetros de calidad de agua

**Tabla 17**

*Registro de condiciones de cultivo durante fase de campo.*

<b>FASE DE CAMPO</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Periodo de adaptación</b>	<b>Período experimental</b>
<b>Número de días</b>	14	70
<b>Densidad de siembra (alevines/L)</b>	1.12	0.12
<b>Temperatura (°C)</b>	23.0 – 25.5	23.0 – 25.5
<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	7.1– 8.7	7.1– 8.7
<b>Rango de pH</b>	7.3 - 8.7	7.3 - 8.7
<b>Amonio (ppm)</b>	0 – 2	0 – 2
<b>Nitritos (ppm)</b>	0 – 1.0	0 – 1.0
<b>Nitratos (ppm)</b>	0 – 15	0 – 15
<b>Uso de aditivo</b>	No	Sí (Solo en tratamientos experimentales)
<b>Uso de vitamina C</b>	Si	Si
<b>Duración</b>	2 semanas	10 semanas

*Nota.* La tabla representa los valores de los rangos registrados en función al registro de parámetros de calidad de agua durante toda la fase de campo.

## 9. DISCUSIONES

Odu-Onikosi (2024) menciona que las levaduras son consideradas organismos probióticos y sus estructuras como las paredes celulares tienen la capacidad de ser apreciados por sus compuestos bioactivos (mananos y betaglucanos). Estos compuestos brindan diversos beneficios al individuo que lo consume sobre la actividad metabólica y la producción del cultivo (Jeleel et al., 2020).

Según el estudio realizado por Alamillo (2018) argumenta que las paredes celulares al ser ingeridas mantienen la misma naturaleza que el microorganismo en sí, tienen la capacidad de colonizar y adherirse sobre la pared intestinal de la especie que la consume, donde sirven como una fuente de nutrientes para la microbiota, facilitando la absorción y optimizando el funcionamiento del sistema inmune.

Asimismo, Abu-Elala et al., (2013) trabajaron con diferentes formas bióticas de *Saccharomyces cerevisiae* en *Oreochromis niloticus*, registrando su presencia mediante tinciones de hematoxilina y eosina, observando estructuras de forma ovalada o circular que se llega a encontrar en conglomerados sobre el epitelio de las vellosidades intestinales. Este análisis coincide con lo observado en este estudio mediante los análisis histológicos realizados sobre el tejido intestinal en alevines, donde las estructuras mencionadas se hallaron dispersas de manera abundante fijadas sobre el tejido de los peces que recibieron el tratamiento.

Pineda (2020) indica en una investigación sobre la “salud digestiva en postlarva de alevines de tilapia roja”, como la estructura de la levadura coloniza el epitelio del pez, donde a su vez provoca cambios morfológicos visibles sobre el tejido, mostrando su potencial benéfico sobre las dietas suministradas con este microorganismo. Por su parte, Ozorio (2021) resalta en el estudio “Efectos de la suplementación con levadura dietética (*Saccharomyces cerevisiae*) en dietas prácticas de tilapia (*Oreochromis niloticus*)” que las dietas suministradas con esta levadura influye significativamente sobre relación de eficiencia proteica donde el desarrollo del pez se ve influenciado por la absorción mejorada del medio intestinal.

De Marco (2023) señala que estas estructuras al colonizar el epitelio digestivo no solo generan cambios a nivel morfológico desarrollándose a manera que las microvellosidades obtengan una longitud mayor, sino que también los nutrientes que liberan son un producto que favorece a la microbiota del pez donde este conjunto de factores es determinante para la absorción del medio.

En el ámbito de la degradación y absorción de nutrientes autores como Leitao & Kellogg (2021), plantean que las células de *Saccharomyces* llegan a sufrir cambios evidentes dentro del medio intestinal, las células sufren deterioros parciales y a nivel estructural se pierde de manera destacable su área general, donde a una escala productiva el pez incrementa considerablemente su tamaño. Otros autores como Tsuyoshi (2023) que en su estudio “Medición y caracterización del tamaño de células de levadura mediante un microscopio óptico” nos comenta, que una célula de

*Saccharomyces* en un medio no apto para su desarrollo llega a alcanzar áreas totales menores a las  $15\mu^2$ , mientras que en un medio rico en nutrientes suele valorarse en 30 y  $40\mu^2$ . Las estructuras encontradas en esta investigación algunas evidenciaron un elevado deterioro causado por el mismo medio, mientras que, dentro de los mismos registros se hallaron paredes celulares que aún mantenían su estructura, es decir, no cumplían en su totalidad con el fundamento mencionado por este autor, sin embargo esto se puede respaldar a que aún existen células que no han empezado su periodo de degradación. Este conjunto de factores según sugiere Hill et al., (2014) correspondería a una mejora sobre la absorción y degradación, donde el huésped y los conglomerados bacterianos dejan en evidencia una mejora sobre la digestibilidad y un progreso significativo sobre el crecimiento del pez.

Para las dietas incorporadas y las demandas nutricionales Verschuere et al., (2020) afirman que esta estructura se considera un complemento alimenticio que trae consigo una mejora en el uso del alimento y el aumento del valor nutricional. Esta idea coincide sobre esta investigación en el mejoramiento de la absorción de nutrientes y el aumento significativo del crecimiento en peces, pero es contrastante sobre el aumento del valor nutricional dado que el análisis bromatológico realizado sobre el alimento comercial más el aditivo alimentario nos mostró diferencias significativas sobre algunos parámetros bioquímicos esenciales para el desarrollo,

Por su parte, Torres et al. (2019) argumenta que la incorporación de ciertos aditivos puede disminuir la composición proximal de determinadas dietas si sus

valores nutricionales no son superiores al balanceado base. En función a este concepto, se determinó que la disminución de ciertos parámetros, especialmente las proteínas, esenciales para el crecimiento en peces, reflejaron una variación mínima del 42.94 % para el T1 y 41.28% para el T2 respecto al balanceado sin aditivo (45% de proteína).

Contrastando con lo expuesto por la FAO (2007), que destacó que una dieta con menor composición proximal requerida por una especie repercute en una disminución directa sobre el desarrollo del organismo. Según registros sobre los parámetros de rendimiento productivo como la tasa de conversión alimenticia, la ganancia de peso, la eficiencia alimentaria y la relación peso- talla, obtenidos mediante el análisis estadístico, demostró que la pared celular de esta levadura influye significativamente sobre el crecimiento y la productividad del cultivo. Por lo tanto, la adición del complemento alimentario que contiene elementos como mananos genera una mayor asimilación de nutrientes aprovechando todas las biomoléculas en su interior (Pérez, 2018).

Respecto a la relación peso-talla del cultivo se evidenció un incremento significativamente más elevado para el final del estudio (70 días) donde el mejor registro fue el observado en el T2, grupo con mayor concentración de aditivo que alcanzó un peso final de 6.68 g y una talla final de 7.12 cm, contrastando con los resultados mostrados por Melgar (2024), quien usó a *Saccharomyces cerevisiae* bajo

un cultivo de tilapia completo obtenido un valor medio para el mismo periodo de tiempo de aproximadamente 90 g.

Estudios como el realizado por Corrales (2015) “Uso de promotores de crecimiento *Saccharomyces cerevisiae* y *Bacillus subtilis* en el alimento de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)” registraron que la incorporación de este aditivo mantiene efectos significativos sobre la ganancia de peso y la eficiencia alimentaria, mientras que dentro de esta investigación se evidenció un decrecimiento durante el transcurso de las semanas contrastándose este fundamento sobre este parámetro. Por otro lado, esta variable tuvo una disminución que afectó a todos los tratamientos por igual. Otros autores, como Fernández (2013), afirma que los cambios sobre la ganancia de peso se deben a la disminución de la alimentación o la ineficiencia de los organismos. Esto difiere de los resultados obtenidos, debido a que, a pesar de la disminución progresiva sobre estos grupos, los tratamientos más el aditivo mejoraron significativamente la ganancia de peso respecto al TC.

Dentro de este contexto, la eficiencia alimentaria sostuvo el mismo lineamiento que la ganancia de peso, manteniéndose un aumento progresivo durante las primeras semanas de cultivo y tuvo un decaimiento generalizado sobre todos los grupos, resultados similares se presenciaron en el estudio de Guerrero (2014) donde describe que este factor se puede ver influenciado por la calidad de alimento, grado de digestibilidad, o las condiciones ambientales.

Mediante el registro de los indicadores de rendimiento productivo, el TCA obtenido durante todo el período de experimentación presentó valores muy diversos para cada grupo. El grupo TC obtuvo una TCA de 3.52 en promedio, superior a los grupos experimentales, donde oscilaban entre una TCA medio de 2.37 a 2.58, siendo valores más elevados a los registrados por Urquilla. et al. (2024) quienes obtuvieron el rendimiento productivo de la asimilación de alimento incorporado ante un cultivo comercial de tilapia usando *Saccharomyces cerevisiae*, con valores de  $1.56 \pm 0.03$  para el TC (Tratamiento Control) y de  $1.43 \pm 0.05$  para el tratamiento TPC (Tratamiento con probiótico comercial). En ámbitos de productividad se logró observar diferencias claves respecto al TCA de los grupos que contenían la dieta más el aditivo, pero en comparación con los demás estudios realizados, se establece que el registro de este indicador debería llegar a ser más eficiente en ámbitos de productividad.

El análisis estadístico demostró que existieron diferencias significativas evidenciando que los grupos que recibieron un porcentaje de este aditivo sobre su dieta mejoraron en términos de productividad, resultados que comparten relación con los mencionados por Fernández (2021), quien destacó en su estudio la inclusión de este aditivo al 2% de concentración sobre alevines de tilapia un valor estadístico de  $p < 0.05$ , valor estadístico igual al registrado sobre el cultivo.

En la presente investigación, se obtuvo una mejor tasa de supervivencia en el T2 con un valor del 95% para el final del periodo, y en el TC se mostró una

supervivencia del 80%; estos valores, se ven diferenciados a los obtenidos por Pineda et al., (2020) quienes aplicaron una dieta estándar y dos tratamientos experimentales con diferentes porcentajes de inclusión de la pared de la levadura, obteniendo porcentajes de supervivencia de 50.5% para el TC, 46.0% para el T1 y 53.4% para el T2 respectivamente al final del estudio.

El registro de los datos sobre los parámetros de productividad empleados y el análisis estadístico determinó que mediante ámbitos de productividad el T2 fue significativamente mejor que el T1 y el TC debido a su concentración más elevada de aditivo, mientras que las pruebas estadísticas empleadas determinaron que existen diferencias significativas de tratamientos respecto al TC, contrario a lo que ocurre al aditivo alimentario, estableciéndose que ambos grupos donde se incorporó este suplemento, son significativamente eficaces.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

Las paredes celulares que conforman el aditivo alimentario tienen la capacidad de colonizar los tejidos internos del intestino delgado. La utilización de la tinción con hematoxilina y eosina revelaron que se encuentran de formas ovaladas o circulares, aún con estructuras completas halladas en conglomerados y distribuidas sobre todo el epitelio intestinal de alevines de tilapia, su identificación corroboró la relación entre el suministro del alimento y los parámetros de productividad empleados.

El aditivo alimentario a base de las paredes celulares fue degradado a nivel intestinal comprobado mediante la morfometría de las paredes estudiadas donde el área total disminuyó significativamente entre tratamientos, estos cambios estructurales sobre las paredes de *Saccharomyces* indican una interacción entre los componentes del aditivo y el medio intestinal, lo cual evidencia un progreso notable sobre la digestión.

El aditivo alimentario genera diversificación sobre la composición proximal del balanceado, dada la incorporación de un complemento con una concentración menor a la del balanceado comercial, valores como la proteína disminuyen su

concentración en función al aumento porcentual de la pared celular, indicando que algunos parámetros bioquímicos pueden ser inversamente proporcional a la incorporación de un suplemento, así mismo como las grasas y otras macromoléculas que son directamente proporcionales como los carbohidratos.

El rendimiento productivo se ve influenciado significativamente sobre un cultivo tratado con paredes celulares de *S. cerevisiae*. Existe una mejoría evidente sobre los indicadores de rendimiento productivo (TCA-FE-WG) de cada grupo alimentado con el suplemento alimenticio, mostrando que la inclusión de ese aditivo sobre la dieta respecto al TC presentan diferencias positivas notables, solo diferenciándose entre grupos con y sin suplementación, dado que el aumento porcentual sobre las dietas no muestra diferencias estadísticas significativas entre sí

## **RECOMENDACIONES**

Realizar estudios sobre la inclusión de este aditivo alimentario sobre otras etapas de desarrollo o durante toda la producción de tilapia con concentraciones diferentes a las usadas en el estudio.

Efectuar un análisis sobre la histomorfometría de las microvellosidades intestinales en alevines de tilapia gris, con la finalidad de evaluar de manera cuantitativa las modificaciones estructurales inducidas por las diferentes dietas

Evaluar la producción enzimática generada por la inclusión de esta pared celular sobre las dietas de alevines de tilapia gris pre y postratamiento identificando la promoción de las principales enzimas generadas en el sistema digestivo

Establecer el porcentaje de digestibilidad en los tratamientos con y sin aditivo alimentario, corroborando la absorción de nutrientes de las dietas suministradas durante y al finalizar el periodo experimental.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akhila, S., Varghese, T., Sahu, N. P., Gupta, S., Dasgupta, S., Deo, A. D., Mannur, V. S., Nathaniel T, P., & Chandan, N. K. (2025). Hyperthermal stress potentiates enhanced lipid utilisation in genetically improved farmed Tilapia, *Oreochromis niloticus* juveniles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 275, 111033. <https://doi.org/10.1016/J.CBPB.2024.111033>
- Bai, J., Li, C., Tang, Z., Wu, C., & Wei, Z. (2023). Comparative study of carbohydrate levels on growth, oxidative stress and glucolipid metabolism of hybrid fish between *Megalobrama amblycephala* (♀) × *Culter alburnus* (♂) and *Culter alburnus*. *Reproduction and Breeding*, 3(3), 131–142. <https://doi.org/10.1016/J.REPBRE.2023.07.002>
- Bezerra, V. M., Reis, G. P. A., de Melo, C. L., Menezes, W. F., dos Santos, B. D., Ferreira, M. P., Pires, D. C., da Costa, F. F. B., Ramírez, J. F. P., Teixeira, J. P., Leal, C. A. G., Ribeiro, Y. M., Turra, E. M., Teixeira, E. de A., & Alvarenga, É. R. de. (2025). A long-term high temperature on young Nile tilapia females affects its urogenital papilla morphology and future reproductive performance. *Aquaculture*, 595, 741666. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2024.741666>
- Chen, J., Dong, Z., Lei, Y., Li, L., Gao, A., Wu, L., & Ye, J. (2022). Vitamin C suppresses toxicological effects in MO/MΦ and IgM+ B cells of Nile tilapia

(*Oreochromis niloticus*) upon copper exposure. *Aquatic Toxicology*, 244, 106100.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUATOX.2022.106100>

de Alba, G., Conti, F., Sánchez, J., Godoy, L. M., Sánchez-Vázquez, F. J., López-Olmeda, J. F., & Vera, L. M. (2024). Effect of light and feeding regimes on the daily rhythm of thermal preference in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 578, 740122.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.740122>

Eissa, E. S. H., El-Sayed, A. F. M., Ghanem, S. F., Dighiesh, H. S., Abd Elnabi, H. E., Hendam, B. M., Elleithy, A. A., Eissa, M. E. H., & Abd El-Aziz, Y. M. (2024). Dietary mannan-oligosaccharides enhance hematological and biochemical parameters, reproductive physiology, and gene expression of hybrid red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). *Aquaculture*, 581, 740453.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.740453>

El-Sayed, A. F. M., Figueiredo-Silva, C., Zeid, S. M. S., & Makled, S. O. (2023). Metal-amino acid complexes (Zn, Se, Cu, Fe and Mn) as a replacement of inorganic trace minerals in commercial diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under field conditions: Effects on growth, feed efficiency, gut microbiota, intestinal histology, and economic return. *Aquaculture*, 567, 739223.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.739223>

FAO. (2017). Alimentación Optimizada Para Tilapia Nilótica (*Oreochromis Niloticus*) De Senegal. *Ctaqua*.

- Jinagool, P., Wipassa, V., Chaiyasing, R., Chukanhom, K., & Aengwanich, W. (2024). Effect of increasing ambient temperature on physiological changes, oxidative stress, nitric oxide, total antioxidant power, and mitochondrial activity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). *Aquaculture*, 589, 741017. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2024.741017>
- Kobelkowsky, A., & Lucero, G. F. (2018). Anatomy of the digestive system of shortfin silverside *chirostoma humboldtianum* (Teleostei: Atherinopsidae) | Anatomía del sistema digestivo del pescado blanco *Chirostoma humboldtianum* (Teleostei: Atherinopsidae). *Hidrobiologica*, 28(1).
- Lemos, C. H. da P., Ribeiro, C. V. D. M., de Oliveira, C. P. B., Couto, R. D., & Copatti, C. E. (2018). Effects of interaction between pH and stocking density on the growth, haematological and biochemical responses of Nile tilapia juveniles. *Aquaculture*, 495, 62–67. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2018.05.037>
- Meurer, F., Novodvorski, J., & Bombardelli, R. A. (2024a). Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/J.AAF.2024.03.004>
- Meurer, F., Novodvorski, J., & Bombardelli, R. A. (2024b). Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/J.AAF.2024.03.004>
- Moawad, D. A., El-Garhy, H. A. S., Refaat, M. H., & Hassaan, M. S. (2024). Protecting deleterious effects of high stocking density of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*

using dietary microalgae *Golenkinia longispicula*: Growth, immune-oxidative markers and associated gene expression. *Aquaculture*, 581, 740430.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.740430>

Pai, M., Verma, A. K., Krishnani, K. K., Varghese, T., Hittinahalli, C. M., & Verma, M. K. (2024). Stocking density optimization and its impact on growth and physiological responses of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in hybrid biofloc-RAS culture system. *Aquaculture*, 588, 740920.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2024.740920>

Rohani, M. F., Tarin, T., Hasan, J., Islam, S. M. M., & Shahjahan, M. (2023). Vitamin E supplementation in diet ameliorates growth of Nile tilapia by upgrading muscle health. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(2), 103558.  
<https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2023.103558>

Roveda, M., de Menezes, C. C. A., Bolívar-Ramírez, N. C., Owatari, M. S., & Jatobá, A. (2024). Acidifying remediation and microbial bioremediation decrease ammoniacal nitrogen, orthophosphates, and total suspended solids levels in intensive Nile tilapia farming under biofloc conditions. *Aquaculture*, 580, 740292.  
<https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.740292>

Schmitz, L. M., Kreitli, N., Obermaier, L., Weber, N., Rychlik, M., & Angenent, L. T. (2024). Power-to-vitamins: producing folate (vitamin B9) from renewable electric power and CO<sub>2</sub> with a microbial protein system. *Trends in Biotechnology*.  
<https://doi.org/10.1016/J.TIBTECH.2024.06.014>

- Siddique, M. A. B., Mahalder, B., Haque, M. M., & Ahammad, A. K. S. (2024). Impact of climatic factors on water quality parameters in tilapia broodfish ponds and predictive modeling of pond water temperature with ARIMAX. *Heliyon*, *10*(18), e37717. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2024.E37717>
- Susitharan, Krishnan, S., Kumar, P., Sukhdhane, K., Sathiya Kala, A., & Babitha Rani, A. M. (2024). Mineral supplementation in biofloc influences growth and haemato-biochemical indices of Genetically Improved Farmed Tilapia reared in inland saline ground water. *Aquacultural Engineering*, *104*, 102386. <https://doi.org/10.1016/J.AQUAENG.2023.102386>
- Thongchaitriwat, S., Kumkhong, S., Plagnes-Juan, E., Panserat, S., Marandel, L., & Boonanuntasarn, S. (2024). Effects of refeeding with low- or high-carbohydrate diets on intermediary carbohydrate metabolism in juvenile and adult Nile tilapia. *Animal*, 101334. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2024.101334>
- Zhu, J., Zhang, F., Huang, Y., Pan, J., Li, E., Qin, J. G., Chen, L., & Wang, X. (2023). Myo-inositol improves osmoregulation by promoting lipid utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, *306*, 115823. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2023.115823>
- Zhu, Z. X., Lin, Y. L., Qin, H., Xiong, Y. Y., Jiang, D. L., Lin, H. R., Yu, Z. L., & Xia, J. H. (2021). Identifying a genome-wide QTL interval controlling for ammonia-nitrogen tolerance on chrLG1 of Nile tilapia. *Aquaculture*, *543*, 736946. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2021.736946>

## ANEXOS

### Anexo 1

*Obtención y aclimatación de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)*



### Anexo 2

*Toma de parámetros de calidad de agua (Oxígeno-Temperatura-pH)*



### Anexo 3

*Toma de parámetros de calidad de agua por colorimetría (Nitritos-Nitratos-Amonio)*



### Anexo 4

*Filtración de muestras de agua para espectrofotometría (Nitritos y Nitratos)*



## Anexo 5

*Toma de parámetros de calidad de agua por espectrofotometría (Nitritos y Nitratos)*



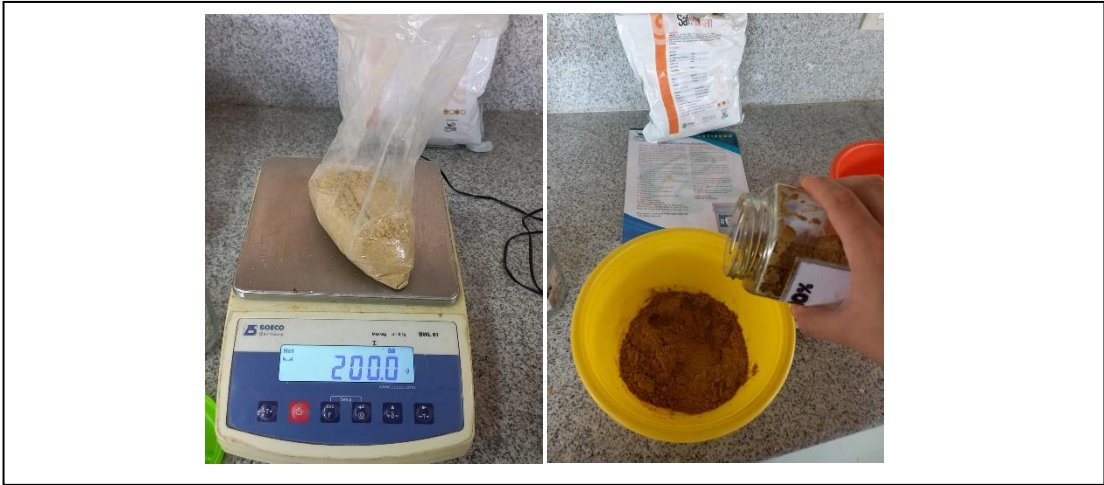
## Anexo 6

*Medición y preparación del aditivo alimentario*



**Anexo 7**

*Incorporación del aditivo alimentario al balanceado*



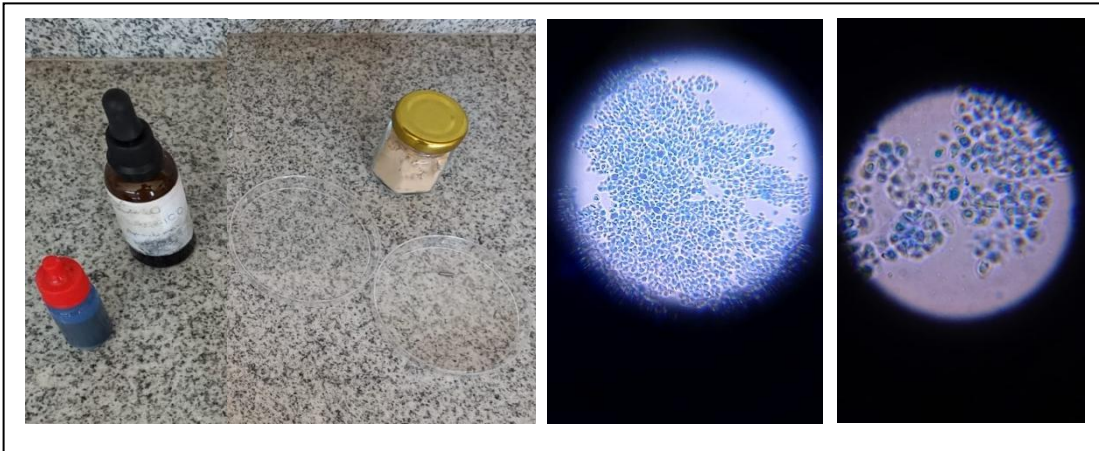
**Anexo 8**

*Biometría de alevines de tilapia gris*



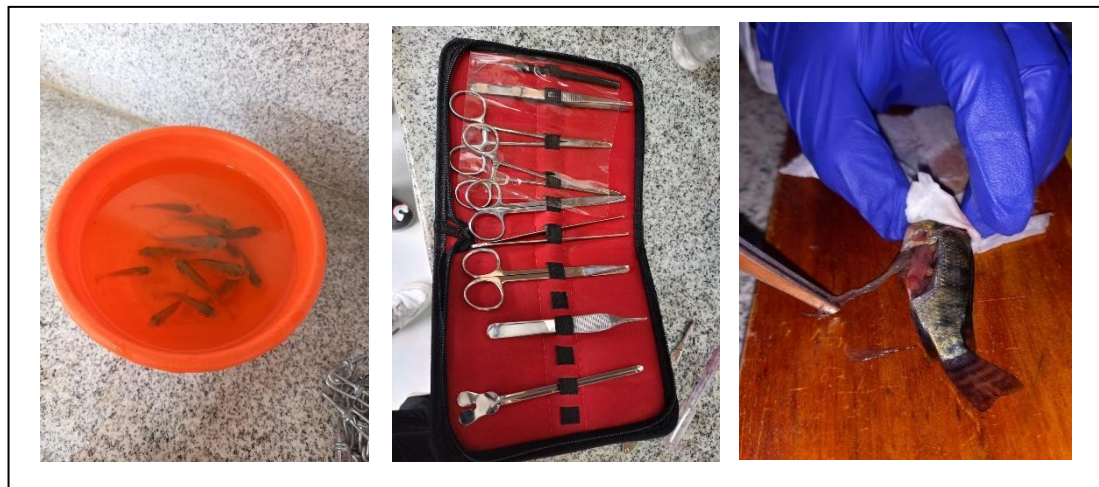
## Anexo 9

*Preparación de aditivo para identificación de paredes celulares con tinción de azul de metileno*



## Anexo 10

*Aislamiento y disección de alevines para análisis histológico*



## Anexo 11

*Tinción histológica con hematoxilina y eosina de intestino de alevines de tilapia gris y preparación de muestras para observación e identificación de paredes celulares.*



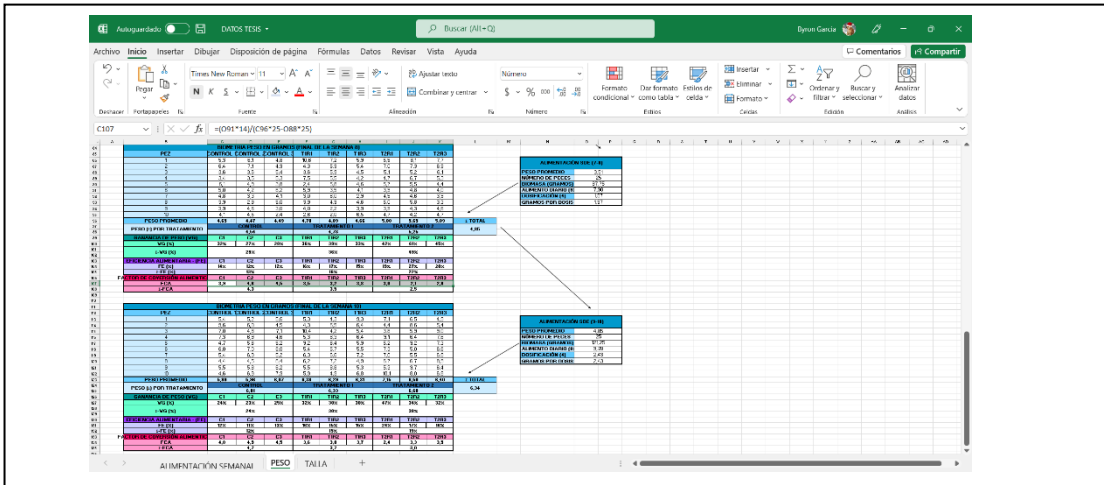
## Anexo 12

### *Limpieza de tanques para cultivo*



## Anexo 13

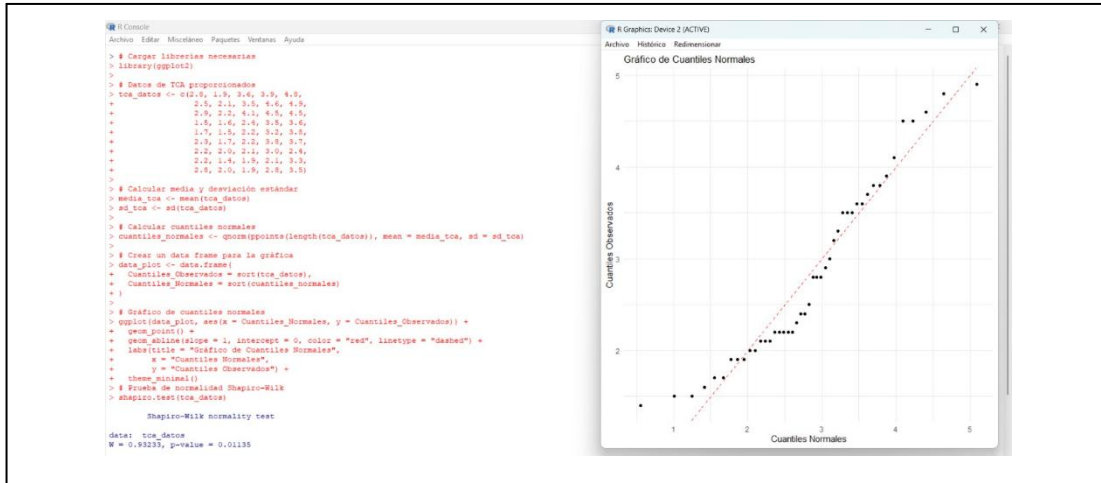
### *Uso de programas y softwares para análisis de datos (Excel)*



The screenshot displays a Microsoft Excel spreadsheet titled 'DATOS TESIS'. The spreadsheet is organized into several tables, each with a header row and multiple data rows. The tables are color-coded and contain numerical data. The columns are labeled 'PESO' and 'TAJIA'. The spreadsheet is viewed in a window titled 'Excel (Alt+F12)' with the user name 'Byron Garcia' visible in the top right corner. The Excel ribbon is visible at the top, showing various tabs and options.

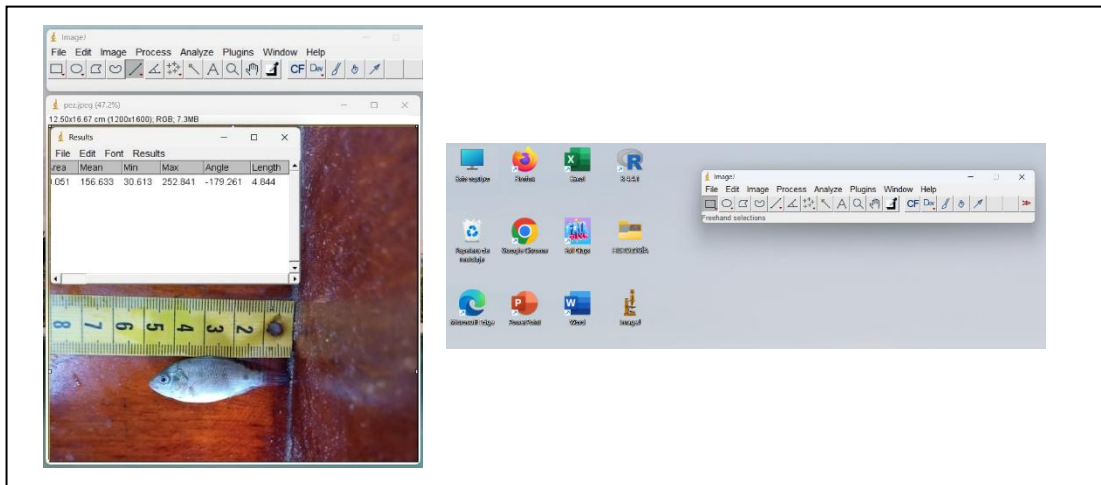
## Anexo 14

### Uso de programas y softwares para análisis de datos (R-estudio)



## Anexo 15

### Uso de programas y softwares para análisis de datos (ImageJ)

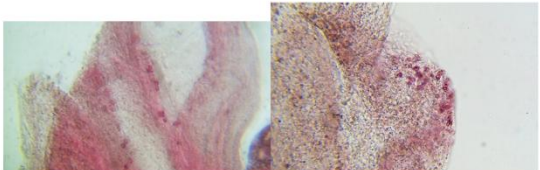



## Anexo 16

### Análisis de especialistas para confirmación de estructuras de levaduras

The image displays three sequential screenshots of a Gmail email thread. The first screenshot shows an email from Byron Garcia to Hermes Rafael Pineda Santis, dated May 19, 2025, with the subject "Solicitud para Hermes Rafael Pineda Santis". The second screenshot shows a response from Hermes Rafael Pineda Santis, dated May 21, 2025, which includes a detailed description of the work and two histological images of intestinal tissue. The third screenshot shows a response from Hermes Rafael Pineda Santis, dated May 27, 2025, which includes a detailed description of the work and two histological images of intestinal tissue.

**Screenshot 1: Email from Byron Garcia**  
Subject: Solicitud para Hermes Rafael Pineda Santis  
From: Byron Garcia  
To: Hermes Rafael Pineda Santis  
Date: lun, 19 may, 3:34 p.m.  
Body: Cordial saludo Claro que sí, pero tengo ciertas dudas, entre ellas, 1. Las imágenes fueron debidamente procesadas con el colorante de rutina (H&E). 2. En qué au...  
Date: lun, 19 may, 4:02 p.m.  
From: Hermes Rafael Pineda Santis  
Body: Buenas tardes Profesor Hermes Pineda, Muchas gracias por su pronta respuesta, respondiendo a su pregunta, me he basado en parte a la metodología usada en su tra...  
Date: lun, 19 may, 4:28 p.m.  
From: Byron Garcia  
To: Hermes  
Body: Si usted está de acuerdo, me ayudaría mucho que revise mis imágenes y me confirme o no si las estructuras visualizadas pertenecen a levaduras de la especie descrita sobre el tejido intestinal del pez. Yo le enviaré las imágenes tan pronto le este mensaje y le agradecería si su análisis lo puede hacer de manera escrita mediante una carta.

**Screenshot 2: Email from Hermes Rafael Pineda Santis**  
Subject: Re: Solicitud para Hermes Rafael Pineda Santis  
From: Hermes Rafael Pineda Santis  
To: Byron Garcia  
Date: mié, 21 may, 7:17 a.m.  
Body: Hola Byron, cordial saludo El Médico Veterinario que observó mis estructuras en las fotografías, aprobó que le envié las imágenes para conocer las estructuras.  
Date: mié, 21 may, 4:31 p.m.  
From: Byron Garcia  
To: Hermes  
Body: Estimado Hermes Rafael Pineda Santis  
Agradezco mucho su pronta respuesta. Para brindarle un contexto más detallado sobre mi trabajo, he recopilado algunas imágenes obtenidas mediante tinción con hematoxilina y eosina (H&E), utilizando aumentos de 10x, 40x y 100x, correspondientes al epitelio intestinal de alevines de tilapia gris.  
Es este sentido, quisiera solicitarle a usted y al médico veterinario que le ayudó, en base a su experiencia trabajando con [...] y [...] pudiera ayudarme a confirmar si las estructuras observadas en el intestino del pez corresponden efectivamente a levaduras de esta génera, o si consideras que no lo son.  
En función de su criterio profesional, y si no representa una molestia, le agradecería enormemente si pudiera remitir su análisis por escrito mediante una carta, lo cual sería de gran ayuda para el desarrollo de mi trabajo  
A continuación, adjunto las imágenes obtenidas:  


**Screenshot 3: Email from Hermes Rafael Pineda Santis**  
Subject: Re: Solicitud para Hermes Rafael Pineda Santis  
From: Hermes Rafael Pineda Santis  
To: Byron Garcia  
Date: 27 may 2025, 12:39 p.m. (hora 11:46 a.m.)  
Body: Hola Byron, cordial saludo  
Anexo el comentario del Médico Veterinario Dr. Luis Fernando Lombello Franco. Le tenemos dos preguntas: 1. ¿Por qué hay un exceso de la levadura? ¿Podría ser un efecto de dosis? ¿Cuánto fue la dosis? 2. ¿Qué tipo de levadura fue utilizada? ¿comercial o natural? ¿Activa o inactiva?  
Mi número de celular o móvil es + 57 3154203948. Si desea hacer una llamada o mensaje por whatsapp.  
Sequemos en contacto.  
Atentamente,  
  
HERMES RAFAEL PINEDA SANTIS MSc.  
Profesor Asociado  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Politécnico Colombiano Jaime Izaza Cadavid  
Teléfono: 57 3154203948 Fax: 4172  
Correo: hermes@politecnico.edu.co  
Celular: +57 3154203948  
Medellín - Colombia  
-----  
De: Luis Fernando Lombello Franco <lombello@politecnico.edu.co>  
Date: May 27, 2025, 11:46 AM  
Subject: Resultado físiológico Ecuador  
To: Hermes Rafael Pineda Santis <hermes@politecnico.edu.co>  
Estimado profesor Hermes buenas tardes, de acuerdo con las fotografías enviadas del epitelio intestinal de tilapia en estado de alevines se puede observar una importante presencia de esporas relacionadas con Saccharomyces sp en el borde apical de las villosidades y microvillosidades intestinales, otras en dirección de las bases de las villosidades y en otra foto algunas que han penetrado hacia el interior del vaso sanguíneo. Cerrando en una posible actividad de la Saccharomyces sp por el epitelio intestinal. hasta pronto  
Luis Fernando Lombello Franco



# TESIS BYRON GARCIA COMPILATIO

5%  
Textos  
sospechosos



< 1% **Similitudes**  
< 1% similitudes entre comillas  
0% entre las fuentes mencionadas  
0% Idiomas no reconocidos  
5% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS BYRON GARCIA COMPILATIO.pdf  
ID del documento: b44909f3cd53ea53e2ee4d104e178867c69aba8d  
Tamaño del documento original: 400,7 kB

Depositante: DENNIS GISELLA TOMALÁ SOLANO  
Fecha de depósito: 6/6/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 6/6/2025

Número de palabras: 14.661  
Número de caracteres: 96.191

Ubicación de las similitudes en el documento:

## Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>localhost</b>   Evaluación del efecto equivalente de probióticos y promotores de crec... <a href="http://localhost:8080/vmlu/bltstream/redug/48684/3/tesis M.Z para el libro.pdf?ot">http://localhost:8080/vmlu/bltstream/redug/48684/3/tesis M.Z para el libro.pdf?ot</a>	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
2	<b>jornadasdepesca.com</b>   Acuicultura: beneficios y soluciones para la seguridad ali... <a href="https://jornadasdepesca.com/pesca-sostenible-y-conservacion/acuicultura-beneficios-solud...">https://jornadasdepesca.com/pesca-sostenible-y-conservacion/acuicultura-beneficios-solud...</a>	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
3	<b>Organelos y Membranas Citoplasmáticas.pdf</b>   Organelos y Membrana... #743576 📌 El documento proviene de mi grupo	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)



## FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

### CARRERA DE BIOLOGÍA

FCM-047-DGTS-2025

La Libertad, 6 de junio de 2025

Señor Ing.  
Jimmy Villón Moreno, M.Sc.  
**DIRECTOR CARRERA**  
**BIOLOGÍA – BIOLOGÍA MARINA**

Estimado Sr. Director:

Por medio del presente informo a Ud. que se ha realizado el acompañamiento de tutorías a el estudiante GARCÍA CHÓEZ BYRON STALIN, con el trabajo de titulación "Efecto de la inclusión de la pared celular de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo alimenticio en el desarrollo de alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)", y en este sentido debo indicar que se ha registrado 5% en el sistema antiplagio Compilatio. Por tanto, me permito dar el aval correspondiente para la entrega del documento del Trabajo final de titulación para continuar con el proceso respectivo.

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

Atentamente,



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

Cc. Archivo