



Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Escuela de Posgrado

**Comparación entre los sistemas: Biofloc y el tradicional en la producción
de Tilapias (*Oreochromis niloticus*) en Laboratorio – 2025**

Tesis

**Para optar el Grado Académico de Maestro en Ecología y Gestión
Ambiental**

Autor

Cruz Waldir Prieto Dueñas

Asesor

Dr. Hector Romero Camarena

UNIV. NACIONAL JOSE FAUSTINO
SANCHEZ CARRION
Ing. Hector Romero Camarena
DOCENTE

Huacho – Perú

2026



Reconocimiento - No Comercial – Sin Derivadas - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Reconocimiento: Debe otorgar el crédito correspondiente, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Puede hacerlo de cualquier manera razonable, pero no de ninguna manera que sugiera que el licenciante lo respalda a usted o su uso. **No Comercial:** No puede utilizar el material con fines comerciales.

Sin Derivadas: Si remezcla, transforma o construye sobre el material, no puede distribuir el material modificado. **Sin restricciones adicionales:** No puede aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros de hacer cualquier cosa que permita la licencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN

LICENCIADA

(Resolución de Consejo Directivo N° 012-2020-SUNEDU/CD de fecha 27/01/2020)

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

INFORMACIÓN

DATOS DEL AUTOR (ES):		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	FECHA DE SUSTENTACIÓN
Cruz Waldir Prieto Dueñas	46699518	01/06/2026
DATOS DEL ASESOR:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
Hector Romero Camarena	15757045	https://orcid.org/0009-0009-0518-5829
DATOS DE LOS MIEMBROS DE JURADOS MAESTRÍA:		
NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	CÓDIGO ORCID
José Vicente Nunja García	15447556	https://orcid.org/0000-0002-9633-8190
José del Carmen Cuellar Reyes	15581946	https://orcid.org/0000-0002-7321-1664
María Melita Hurtado Zamora	17801831	https://orcid.org/0009-0006-3651-1648

CRUZ WALDIR PRIETO DUEÑAS (2026-022547)

COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS: BIOFLOC Y EL TRADICIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE TILAPIAS (OREOCHR...

DGI-POSGRADO 2026
Dirección de Gestión de la Investigación-VRI 2026
DIRECCION DE GESTION DE LA INVESTIGACION

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3515036483

Fecha de entrega

23 mar 2026, 11:14 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

23 mar 2026, 11:19 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_MAESTRIA_2026_CWPD.pdf

Tamaño del archivo

2.9 MB

104 páginas

19.078 palabras

116.331 caracteres



Página 2 de 114 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: trn:oid::1:3515036483

19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

- 19% Fuentes de Internet
- 9% Publicaciones
- 9% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Con gratitud infinita dedico este logro a mis padres, pilares de mi vida; a mis hermanos, compañeros de batalla; y a mi hermana Lady junto a sus hijos Ariana, Nuria y Alonso, motores que impulsaron cada meta. Ustedes son mi mayor triunfo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi madre y hermanos, por su apoyo absoluto durante todo este proceso. De manera especial, agradezco a mi hermana Lady, cuyo constante aliento fue fundamental para culminar este trabajo. Al Ing. Héctor Romero Camarena, mi asesor, cuya guía experta y dedicación enriquecieron sustancialmente esta investigación. Al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) Laboratorio Descentralizado de Huacho por brindarme las instalaciones y a los profesionales del área de acuicultura por invaluable apoyo técnico que hicieron posible el desarrollo de este estudio. A todos, mi eterno agradecimiento.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCION.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema.....	4
1.2.1 Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Justificación de la investigación.....	5

1.5 Delimitación del estudio.....	6
1.6 Viabilidad del estudio.....	7
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1 Investigaciones internacionales.....	9
2.1.2 Investigaciones nacionales	13
2.2 Bases teóricas	19
2.2.1 Sistemas de Cultivo.....	19
2.2.2 Sistema tradicional (Semicerrado)	20
2.2.3 Sistema de Biofloc (SBF).....	20
2.2.4 Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	22
2.2.4.1 Taxonomía	22
2.2.4.2 Distribución geográfica de la tilapia	22
2.2.4.3 Biológica y Ecología.....	23
2.2.4.4 Etapa del desarrollo.....	24
2.2.5 Cultivo de tilapia en sistema Biofloc.	26
2.2.5.1 Alimentación de tilapia en biofloc	26
2.2.5.2 Parámetros físicos y químicos del Sistema Biofloc.....	27
2.2.6 Alimento en Acuicultura	30
2.2.6.1 Alimento peletizado	30
2.2.6.2 Alimento extruido	31

2.2.7 Producción mundial y nacional de la tilapia.	31
2.2.8 Consumo de Agua	33
2.3 Bases filosóficas	34
2.4 Definición de términos básicos	35
2.5 Hipótesis de investigación.....	39
2.5.1 Hipótesis general.....	39
2.5.2 Hipótesis específicas	39
2.6 Operacionalización de las variables	40
CAPÍTULO III	41
METODOLOGÍA.....	41
3.1 Diseño metodológico.....	41
3.1.1 Tipo de investigación	41
3.1.2 Nivel de investigación.....	41
3.1.3 Enfoque de investigación	42
3.1.4 Diseño de investigación	42
3.2.1 Población.....	43
3.2.2 Marco Muestral	43
3.2.3 Muestra.....	43
3.3 Técnicas de recolección de datos.....	44
3.3.1 Manejo de los peces	44
3.3.2 Renovación de agua	44
3.3.3 Relación C: N del sistema biofloc.....	45

3.3.4 Medición de los parámetros productivos	45
3.3.5 Medición de los parámetros de calidad de agua.....	46
3.3.6 Consumo de agua	46
3.4 Técnicas para el procesamiento de la información.....	47
CAPÍTULO IV	48
RESULTADOS	48
4.1 Análisis de datos.....	48
4.1.1 Producción de Tilapias (<i>Oreochromis Niloticus</i>).....	48
4.1.2 Biomasa ganada entre los dos sistemas.....	48
4.1.3 Tasa de crecimiento específico de la tilapia entre los dos sistemas.....	49
4.1.4 Tasa de conversión alimenticia entre los dos sistemas	50
4.1.5 Diferencias entre las condiciones del agua entre ambos sistemas	51
4.1.5 Consumo de agua entre los dos sistemas	54
4.1.6 Prueba de Normalidad.....	55
4.2 Contratación de Hipótesis	57
4.2.1 General	57
4.2.2 Hipótesis específicas	58
CAPÍTULO V	63
DISCUSIONES.....	63
CAPÍTULO VI	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
CAPÍTULO VII.....	69

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
5.1 Fuentes Documentales.....	69
5.2 Fuentes Bibliográficas	71
5.3 Fuentes Hemerográficas	72
5.4 Fuentes Electrónicas	75
ANEXOS.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Ubicación del Instituto del mar del Perú Laboratorio Costero de Huacho	7
Figura 2 Esquema de la distribución de los tratamientos	43
Figura 3 Evolución de la biomasa durante el período experimental	49
Figura 4 Tasa de crecimiento específico (TCE %/día) por períodos.....	50
Figura 5 Eficiencia alimenticia acumulada.	51
Figura 6 Parámetros de calidad de agua promedio durante el estudio.	53

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Taxonomía de la tilapia	22
Tabla 2 Cuadro de operacionalización de las variables.....	40
Tabla 3 Producción final de tilapia en los sistemas Biofloc y Tradicional	48
Tabla 4 Parámetros de calidad de agua promedio durante el estudio.....	52
Tabla 5 Eficiencia en el uso de agua por sistema.	54
Tabla 6 Prueba de distribución normal.....	56
Tabla 7 Contrastación de hipótesis	62

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Matriz de consistencia	78
Anexo 2. Ubicación del estudio	79
Anexo 3. Certificado de calibración de equipos.....	80
Anexo 4. Registro de Parámetros de calidad de agua	82
Anexo 5. Registro de biometría.....	83
Anexo 6. Cultivo de tilapias en sistema tradicional y sistema biofloc.....	84
Anexo 7. Muestreos Biométricos	85
Anexo 8. Calidad de agua	86
Anexo 9. Indicadores Clave: Sistema Tradicional vs Biofloc.....	87

RESUMEN

Esta investigación, desarrollada en condiciones de laboratorio durante 2025, se planteó como objetivo contrastar el rendimiento productivo, la eficiencia alimenticia e hídrica, así como la calidad del agua, entre un sistema de cultivo Biofloc y uno tradicional (con recambios de agua) para la tilapia (*Oreochromis niloticus*).

La investigación, de tipo aplicada y diseño experimental, utilizó un diseño factorial con seis unidades experimentales (tres réplicas por tratamiento). Durante la etapa experimental, se midieron los parámetros productivos (biomasa, tasa de crecimiento, conversión alimenticia), los indicadores de calidad de agua (oxígeno, pH, nitrógeno amoniacal, nitrito, nitrato) y el consumo total de agua.

Los resultados demostraron una superioridad significativa del sistema Biofloc. Se obtuvo una biomasa final 55% mayor (59.46 vs. 38.35 kg/m³) y una Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) más eficiente (0.91 vs. 1.36). En calidad de agua, el Biofloc mantuvo niveles de Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) 13 veces inferiores. La ventaja más destacable fue el consumo de agua, que se redujo en un 97.7% (0.040 m³/kg vs. 1.773 m³/kg).

Se concluye que el sistema Biofloc es una alternativa técnica viable y significativamente más sostenible que el sistema tradicional, al lograr una mayor producción con una drástica reducción en el uso de agua y alimento, recomendándose su adopción en contextos de optimización de recursos.

Palabras clave: Biofloc, Tilapia, Acuicultura Sostenible, Eficiencia Alimenticia, Consumo de Agua, Calidad del Agua, Producción Acuícola.

ABSTRACT

This research, carried out under laboratory conditions during 2025, aimed to compare the productive performance, feed and water efficiency, as well as water quality, between a Biofloc culture system and a traditional one (with water exchange) for tilapia (*Oreochromis niloticus*).

The research, of an applied type and experimental design, used a factorial design with six experimental units (three replicates per treatment). During the experimental period, productive parameters (biomass, growth rate, feed conversion), water quality indicators (oxygen, pH, ammonia nitrogen, nitrites, nitrates), and total water consumption were measured.

The results demonstrated a significant superiority of the Biofloc system. A 55% higher final biomass (59.46 vs. 38.35 kg/m³) and a more efficient Feed Conversion Ratio (FCR) (0.91 vs. 1.36) were obtained. Regarding water quality, the Biofloc system maintained levels of Total Ammonia Nitrogen (TAN) 13 times lower. The most notable advantage was water consumption, which was reduced by 97.7% (0.040 m³/kg vs. 1.773 m³/kg).

It is concluded that the Biofloc system is a technically viable and significantly more sustainable alternative than the traditional system, achieving higher production with a drastic reduction in the use of water and feed, thus recommending its adoption in resource optimization contexts.

Keywords: Biofloc, Tilapia, Sustainable Aquaculture, Feed Efficiency, Water Consumption, Water Quality, Aquaculture Production.

INTRODUCCION

La acuicultura se ha consolidado en las últimas décadas como una de las actividades productivas de mayor dinamismo a nivel global, respondiendo a la creciente demanda de proteína de origen acuático para una población en constante expansión (FAO, 2020). Dentro de este sector, el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) destaca por su notable adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, su rápido crecimiento y la alta calidad de su carne, lo que ha impulsado su producción en diversas regiones del mundo, incluyendo el Perú (Baltazar, 2007; FAO, 2018). Sin embargo, este crecimiento trae consigo desafíos importantes, siendo particularmente crítica la limitada disponibilidad de agua dulce, especialmente en zonas áridas y semiáridas como la costa peruana (Boyd & Tucker, 2012; PRODUCE, 2023).

En respuesta a esta problemática, han aparecido opciones tecnológicas con el objetivo de mejorar la utilización de recursos naturales sin poner en riesgo la productividad. Entre estos sistemas, el de biofloc (BFT) se destaca como una innovación con potencial, que se apoya en el desarrollo controlado de comunidades microbianas para conservar la calidad del agua, reciclar nutrientes y disminuir notablemente los cambios de agua (Avnimelech, 2007; Crab et al., 2012). La tecnología en cuestión no solo optimiza la eficiencia del agua, sino que además propicia el desarrollo y la conversión alimentaria de los peces al utilizar el flóculo microbiano como fuente adicional de alimento (Long et al., 2015; Ekasari et al., 2014).

En el entorno nacional, varias investigaciones han analizado la productividad del sistema biofloc en relación con los sistemas tradicionales, reportando beneficios sustanciales en términos de estabilidad de la calidad del agua y de los índices productivos

(Gonzales et al., 2023; De La Cruz, 2022). Sin embargo, es necesario generar información local que permita validar estos beneficios en condiciones de laboratorio, teniendo en cuenta indicadores claves como la biomasa producida, el rendimiento alimenticio y el consumo de agua; aspectos esenciales para establecer la viabilidad técnica y ambiental del sistema.

Por lo tanto, el propósito de este estudio es planteo como objetivo Comparar los dos sistemas de cultivo: el biofloc o el tradicional presenta mayor producción de tilapia (*Oreochromis Niloticus*) en Laboratorio – 2025. Los hallazgos obtenidos servirán como evidencia científica que ayudarán en la toma de decisiones en el sector acuícola, fomentando el manejo de recursos más eficaz y sustentable.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

El incremento de la población mundial ha generado la creciente demanda de alimentos acuáticos, lo que exige expandir e intensificar la acuicultura. Gálvez et al. (2022), citando a Avnimelech (2009), asevera que esta expansión debe orientarse en base en tres objetivos esenciales: generar más biomasa sin aumentar de manera significativa el empleo de tierra y agua; crear sistemas sostenibles que no perjudiquen el medioambiente; y emplear una relación equitativa entre costos y beneficios que mantenga la actividad desde un punto de vista económico y social.

Según Bill McGraw, asevera que la acuicultura enfrenta un reto importante debido a la creciente necesidad global de productos marinos. Se prevé que en los próximos años exista un déficit de producción, y la acuicultura es la alternativa para satisfacer esa demanda. sin embargo, el crecimiento de este sector se topa con dificultades como el incremento de los costos, la falta de agua dulce, las regulaciones medioambientales y la contaminación. Los métodos tradicionales de cultivo demandan altos volumen de agua y tienen un impacto significativo en el medio ambiente. En este contexto, los sistemas de biofloc emergen como una opción prometedora, sobre todo para la producción de tilapia. Estos sistemas se caracterizan por facilitar el reciclaje del agua, la disminución de residuos generados y el uso más eficaz de los recursos, lo que les convierte en una alternativa más sustentable y provechosa para la acuicultura. (Global Seafood Alliance, 2016).

La acuicultura, en particular el cultivo de tilapia, ha experimentado un acelerado crecimiento a nivel mundial en los últimos años, convirtiéndose en una base esencial para brindar de proteínas animales a la población mundial (FAO, 2020). Sin embargo, este rápido desarrollo presenta desafíos significativos como la disminución de agua dulce disponible, especialmente muy escasos en regiones de clima árido o semiárido, como lo señalan Boyd y Tucker (2012).

En Colombia, los sistemas de producción semiintensivos convencionales, típicamente implementados en estanques excavados en tierra, han demostrado niveles de productividad poco eficientes. De acuerdo con Hernández et al. (2019), quienes retoman las observaciones de González (2017), estas metodologías productivas han provocado externalidades ambientales negativas sobre los cuerpos de agua receptoras. Esta situación se origina por el vertido de alimento balanceado no aprovechado, fármacos empleados para el manejo sanitario y residuos orgánicos acumulados, los cuales incorporan cargas contaminantes significativas. Las aguas residuales generadas presentan altas cargas de subproductos metabólicos nocivos, fundamentalmente compuestos químicos derivados del fósforo, el potasio y el nitrógeno. Esta composición química altera negativamente la integridad de los hábitats acuáticos, actuando como un catalizador para procesos de eutrofización al sobresaturar el medio con nutrientes.

El cultivo de tilapia en Perú ha registrado un incremento considerable durante los últimos años, convirtiéndose en una actividad económica importante. Sin embargo, esta expansión se enfrenta a diversos desafíos, entre los cuales destaca la escasez de agua dulce, especialmente en la costa peruana (PRODUCE, 2023).

Long et al., (2015). En su estudio encontró que la tecnología biofloc en la producción de tilapia mejoro el crecimiento y la eficiencia alimenticia en los peces, al

mismo tiempo que redujo significativamente el consumo de agua. asimismo, Ekasari et al., (2014) sugieren que los sistemas biofloc permiten una mayor densidad de cultivo sin comprometer la calidad del agua, lo que también reduce el impacto ambiental.

La creciente demanda mundial de productos acuáticos ha promovido el incremento de los sistemas de producción acuícola, lo que ha llevado a un aumento en el uso de agua dulce. Históricamente, la acuicultura ha estado ligada a sistemas extensivos, aunque son menos tecnificados, necesitan grandes cantidades de agua para sostener la calidad requerida y asegurar el bienestar de los peces.

Los sistemas de cultivo tradicional tienen varios retos medioambientales importantes. A menudo, los efluentes producidos, que contienen altos niveles de compuestos nitrogenados y orgánicos, se vierten en cuerpos de agua cercanos. Este hecho contribuye a la eutrofización, al crecimiento de algas nocivas y a la degradación de los ecosistemas acuáticos. La creciente presión sobre los recursos hídricos y los impactos ambientales asociados a la acuicultura convencional han impulsado la búsqueda de métodos de producción más sostenibles y eficientes en el uso del agua.

La acuicultura afronta retos importantes relacionados con la gestión eficaz del agua y la sostenibilidad ecológica, ya que es una actividad en constante crecimiento. El estado o condición del agua constituye un elemento determinante que incide de manera directa sobre el bienestar y el desempeño productivo de las especies cultivadas en acuicultura. La investigación tiene por objetivo comparar dos sistemas de cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la producción y consumo de agua en laboratorio, con el fin de evaluar la viabilidad del sistema biofloc como una opción sostenible y más eficiente en la actividad acuícola.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál de los dos sistemas de cultivo: biofloc y el tradicional presenta mayor producción de tilapias (*Oreochromis Niloticus*) en Laboratorio – 2025?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Existe diferencias significativas en la biomasa ganada entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional)?
- ¿Existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional)?
- ¿Cuál de los dos sistemas de cultivo (biofloc o tradicional) presenta una mejor conversión alimenticia?
- ¿Existe diferencias en las condiciones del agua entre ambos sistemas de cultivo en biofloc y tradicional?
- ¿Cuál de los dos sistemas de cultivo (biofloc o tradicional) consume menos agua para la producción de una unidad de biomasa de tilapias?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general.

Comparar los dos sistemas de cultivo: biofloc o el tradicional presenta mayor producción de tilapias (*Oreochromis Niloticus*) en Laboratorio – 2025

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar diferencias significativas en la biomasa ganada entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional).
- Estudiar las diferencias significativas en la tasa de crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional).
- Determinar la diferencia en la tasa de conversión alimenticia entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional).
- Determinar diferencias de las condiciones del agua entre ambos sistemas de cultivo en biofloc y tradicional.
- Estudiar cuál de los dos sistemas de cultivo consume menor volumen de agua (m³) por kilogramo de biomasa producida.

1.4 Justificación de la investigación

La investigación se centró en comparar dos sistemas de cultivo de tilapia: el biofloc y el tradicional. La alta demanda mundial de proteínas de origen acuático y la necesidad de optimizar los recursos naturales, especialmente el agua, han impulsado la búsqueda de sistemas de producción más eficientes y sostenibles. El sistema biofloc, al transformar los desechos del cultivo en alimento para los peces, promete una mayor producción en espacios reducidos y un menor consumo de agua. Sin embargo, es necesario cuantificar y comparar estos beneficios con los sistemas tradicionales para evaluar su viabilidad a gran escala.

Además de la eficiencia en el uso del agua, la investigación evaluará el impacto ambiental de ambos sistemas. El sistema biofloc tiene el potencial de reducir la contaminación, pero se requiere un análisis detallado de los parámetros fisicoquímicos

del agua y los sedimentos. Asimismo, se comparará la eficiencia productiva de ambos sistemas en términos de biomasa ganada, tasa de crecimiento y conversión alimenticia. Esta información será crucial para los productores acuícolas al seleccionar la tecnología más adecuada para sus condiciones específicas.

1.5 Delimitación del estudio

Delimitación del espacio geográfico

El estudio titulado, evaluación comparativa de dos sistemas de producción para el cultivo de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en condiciones de laboratorio, se desarrolló en las instalaciones del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) Laboratorio Costero de Huacho. Este centro experimental se encuentra ubicado en el distrito de Caleta Carquín, dentro de la provincia de Huaura, en la región de Lima, Perú.

Ubicación geográfica: 11°05'14.3" S - 77°37'40.3" W

Figura 1

Ubicación del Instituto del mar del Perú Laboratorio Costero de Huacho



Fuente: Google maps

Delimitación en el tiempo.

La investigación se ejecutó el año 2025 con un periodo de duración de seis meses. Este plazo se ha fijado teniendo en cuenta la complejidad de los objetivos propuestos y la necesidad de conseguir resultados confiables y representativos.

1.6 Viabilidad del estudio

La presente investigación, tiene como objetivo comparar los sistemas de cultivo biofloc y tradicional en la producción de tilapia, es muy viable. La ejecución de este estudio está justificada por la elección de la tilapia como objeto de estudio, por ser una especie de importancia en el panorama actual de la acuicultura y por una base teórica sólida y el planteamiento de un diseño experimental riguroso. La factibilidad técnica del

estudio está apoyada por la disponibilidad de un laboratorio equipado y con los recursos requeridos. En el conocimiento científico acerca de los sistemas de cultivo de tilapia, la efectividad y sostenibilidad de la producción acuícola a nivel local y global se verían beneficiada gracias a los resultados obtenidos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Investigaciones internacionales

Gutiérrez (2020), Colombia; En su tesis de maestría titulada “Evaluación de la microbiota intestinal, parámetros productivos y sanitarios de tilapia *Oreochromis spp.* cultivada en sistemas y recirculación acuícola”, con el objetivo de evaluar el efecto de los sistemas de producción RAS y BFT sobre parámetros productivos y sanitarios (recuento leucocitario y evaluación histológica de branquias e intestino) y la microbiota intestinal en tilapia roja *Oreochromis spp.*; Para ello, utilizó 360 juveniles con un peso promedio de $12,4 \pm 1,2$ g, procedentes de un cultivo en sistema abierto. Los ejemplares se distribuyeron aleatoriamente en seis tanques de 500 L, con tres réplicas por tratamiento (RAS y BFT), en un periodo experimental de 60 días. Se realizaron muestreos establecido al inicio (día de recepción) y en los días 15, 30, 45 y 60 del periodo experimental. En cada una de estas fechas, se extrajeron 10 ejemplares por tanque para determinar su peso y talla; de ellos, seis fueron devueltos a su respectiva unidad experimental, mientras que a los cuatro restantes se les realizó una extracción sanguínea para el recuento leucocitario, seleccionándose adicionalmente un individuo para someterlo a análisis histológico. Transcurridos los dos meses de evaluación, los resultados productivos evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) favorables al sistema BFT, el cual alcanzó una biomasa final de $8,1 \text{ kg/m}^3 (\pm 0,44)$ frente a los $6,6 \text{ kg/m}^3 (\pm 0,72)$ registrados en el RAS. Asimismo, el factor de conversión alimenticia resultó un 40% más eficiente en el BFT ($0,9 \pm 0,19$) en comparación con el RAS ($1,3 \pm 0,22$). En conclusión el

cultivo de tilapia en sistema biofloc no solo presentó parámetros zootécnicos superiores, sino que también mantuvo condiciones sanitarias adecuadas para su producción.

Palacios y Ibarra (2019), Colombia. En su tesis de maestría titulado Implementación de la Tecnología Biofloc como una alternativa sostenible para la piscicultura en el municipio de Valle del Guamuez, Departamento del Putumayo, planteándose como objetivo comparar el desempeño del sistema Biofloc (BFT) frente al sistema de producción convencional utilizado por los piscicultores de la zona, para lo cual implementaron una metodología que evaluó el rendimiento productivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en sistema biofloc con una proporción carbono-nitrógeno de 20:1, utilizando tres tratamientos diferenciados: T1 correspondiente a un estanque convencional de tierra, T2 consistente en un estanque cubierto con geomembrana y T3 representado por un estanque circular también recubierto con geomembrana, partiendo de condiciones iniciales homogéneas con pesos de $5,90 \pm 0,09$ g para T1, $5,96 \pm 0,15$ g para T2 y $5,76 \pm 0,30$ g para T3, y tallas de $7,56 \pm 0,09$ cm, $7,57 \pm 0,16$ cm y $7,61 \pm 0,24$ cm respectivamente. Los resultados obtenidos evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento convencional y los sistemas con tecnología BFT en indicadores clave como la ganancia de peso, el factor de conversión alimenticia aparente y la tasa de crecimiento simple, registrándose valores de GP de $12,88 \pm 10,61$ kg para T1, $15,83 \pm 12,09$ kg para T2 y $16,84 \pm 11,77$ kg para T3; un FCAA de $1,87 \pm 10,66$ kg en T1, $1,69 \pm 10,51$ kg en T2 y $1,66 \pm 0,58$ en T3; y una TCS de $0,037 \pm 0,007$ g/día para T1 y $0,039 \pm 0,008$ g/día tanto para T2 como para T3, manteniéndose además una tasa de supervivencia superior al 98% en todos los tratamientos. A partir de estos hallazgos, los investigadores concluyeron que los indicadores de ganancia de peso,

tasa de crecimiento y conversión alimenticia resultaron superiores en los sistemas que incorporaron tecnología Biofloc en comparación con el cultivo tradicional en estanques de tierra, lo que evidencia un mayor aprovechamiento tanto del alimento balanceado suministrado como de la productividad natural generada dentro del sistema, destacando adicionalmente que el manejo del sistema BFT demostró ser efectivo para mantener bajo control la propiedad del agua en los módulos productivos, repercutiendo positivamente en el bienestar de los peces como en el entorno ambiental al reducir significativamente la generación de residuos sólidos y líquidos, esto último asociado al mínimo volumen de agua requerido durante el período productivo, aspecto que en el método tradicional resulta difícil de alcanzar.

Quinteros et al, (2024). En su investigación titulada “Evaluación de la producción de tilapia roja (*oreochromis sp*) criados con tecnología biofloc”, con el objetivo de evaluar la producción de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en un sistema biofloc, consideración el incremento de la densidad de cultivo, conversión alimenticia y una menor utilización del agua. La metodología utilizada consistió en el diseño no experimental descriptivo, para el cual se empleó 5000 alevines con talla promedio de 1,5 cm y peso de 0,6 g. Durante la investigación se realizó monitoreos continuo de los parámetros físico y químicos del agua, pH, amonio, nitrito, nitrato, sólidos sedimentables, oxígeno disuelto y temperatura. Igualmente, se evaluaron los indicadores productivos: incremento de peso (IP), consumo total de alimento (CTA), consumo diario (CD) y factor de conversión alimenticia (FCA). Los resultados obtenidos mostraron que los parámetros físico y químicos se encontraron en rangos considerados óptimos para el manejo de tilapia. Durante algunas semanas de la fase de crecimiento, se registraron valores particularmente bajos de FCA: 0,33; 0,35; 0,53; 0,67; 0,79; 0,91 y 0,99, lo que incidió favorablemente a la disminución del

costo de producción, considerando que mientras más cercano a cero el valor del FCA, mayor resulta la eficiencia en el aprovechamiento del alimento suministrado. Los autores concluyen que el sistema biofloc desarrollado logró mantener los parámetros físico y químicos del agua dentro de rangos adecuados, demostrando ser una alternativa ambientalmente viable y económicamente sostenible. Además, señalan que la ganancia de peso observada en los peces, en relación al factor de conversión alimenticia, está estrechamente vinculada al comportamiento de los parámetros fisicoquímicos, por lo que el control de estos últimos debe constituir el eje central del manejo para garantizar la viabilidad productiva del cultivo de tilapia.

Gómez et al, (2023). En su investigación titulada Desempeño de los microorganismos eficientes en el cultivo de tilapias, cuyo propósito fue demostrar, en condiciones acuáticas controladas, si la implementación del método Biofloc en tinas permite alcanzar desarrollos adecuados, ganancias de peso favorables y bajos niveles de mortandad en los organismos cultivados. La metodología empleada consistió en un seguimiento sistemático en campo, aplicando experimentos sobre diversos indicadores, entre ellas pH, temperatura, oxígeno, nitritos, nitrógeno amoniacal, nitratos, alcalinidad, dureza, fósforo total y turbiedad. El resultado obtenido indicó que no presentaron estadísticamente diferencias contundentes en cuanto a ganancia de peso, desarrollo y baja tasa de mortandad entre las unidades experimentales que operaron sin cambio de agua, pero con microorganismos eficientes y la unidad experimental de control que sí se realizó recambios hídricos. A partir de estos hallazgos, los autores concluyen que el sistema Biofloc posee la capacidad de mantener los parámetros físicos y químicos del agua dentro de rangos adecuados sin necesidad de recambios, requiriendo únicamente la adición de oxígeno

artificial; por tanto, puede considerarse una alternativa eco-acuícola limpia y viable para los productores del sector.

2.1.2 Investigaciones nacionales

Gonzales et al, (2023). Desarrollaron un estudio titulado, Cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en sistema de flóculo bacteriano Biofloc, en el cual se propusieron como objetivo principal cultivar esta especie bajo la tecnología BFT y evaluar el comportamiento de los principales compuestos nitrogenados específicamente nitrógeno amoniacal total, nitritos (NO₂) y nitratos (NO₃), así como su interrelación con las variables físicas y químicas que inciden en la estabilidad del desarrollo del plancton dentro del sistema. La estrategia metodológica implementada contempló técnicas orientadas al crecimiento, acondicionamiento y maduración del biofloc, prestando especial atención a los procesos de transformación de los metabolitos nitrogenados y su vínculo con los parámetros fisicoquímicos que determinan la estabilidad de la producción de alimento natural. Para ello, se dispusieron 300 juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus* en tres unidades experimentales de 2 m³ cada una, dividiendo la fase experimental en dos etapas claramente diferenciadas: una autotrófica y otra heterotrófica. Con el propósito de inducir y controlar la vía heterotrófica, se incorporó bicarbonato de sodio como fuente de alcalinidad y como fuente de carbono orgánico la melaza, empleando una relación carbono-nitrógeno de 10:1. Los hallazgos obtenidos revelaron que los especímenes iniciaron con una talla promedio de 6,12 cm y un peso de 4,14 g, alcanzando al cierre del experimento dimensiones de 17,38 cm y 96,08 g respectivamente. En cuanto a la dinámica del sistema, la alcalinidad se estabilizó en un rango de 100 a 150 mg/L empleando bicarbonato de sodio a razón de 250 g por

metro cúbico. Las condiciones de oxígeno disuelto se mantuvieron en niveles de saturación continua, con concentraciones oscilantes entre 7,5 y 8,5 mg/L, lo que permitió a los peces aprovechar los sólidos suspendidos en toda la columna de agua mediante filtración directa. El potencial de hidrógeno se conservó por debajo de 11 durante todo el ensayo. Un aspecto particularmente relevante fue que se logró prescindir del suministro de alimento balanceado comercial, lo que se tradujo en la significativa reducción del factor de conversión alimenticia y en una mejora sustancial de la ganancia ponderal, evidenciando además que las condiciones fisicoquímicas del medio resultaron apropiadas para el desarrollo de juveniles de tilapia. Como conclusión principal, los investigadores determinaron que el sistema biofloc promovió activamente la proliferación de organismos planctónicos, los cuales actuaron como una fuente de alimento natural de elevada calidad nutricional para los peces cultivados.

De la Cruz (2022), En su tesis de maestría titulada Parámetros económico-productivos del alimento extruido y reprocesado en sistema semicerrado y biofloc para juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), se propuso como objetivo analizar los parámetros zootécnicos del cultivo de tilapia gris en sistemas semicerrado y biofloc, empleando dietas extruidas y reprocesadas (denominadas en adelante como peletizadas). Metodológicamente, el estudio evaluó el efecto de las dietas extruidas (DE) y peletizadas (DP) sobre los parámetros zootécnicos de ejemplares de tilapia gris cultivados en sistema biofloc (SBF) y sistema semicerrado (SC). Los especímenes, con peso y talla promedio iniciales de $25,06 \pm 0,73$ g y $11,01 \pm 0,083$ cm respectivamente, fueron alojados durante 56 días en unidades experimentales con capacidad operativa de $0,35 \text{ m}^3$, las cuales fueron alimentados con una formulación dietaria del 40% de proteína bruta. En cuanto al esquema de investigación aplicado

correspondió a un factorial 2×2 , estableciéndose cuatro condiciones experimentales diferenciadas: cultivo en sistema semicerrado y sistema biofloc alimentado con dieta extruida (SCDE y SBDE); un sistema semicerrado y un sistema biofloc con dieta peletizada (SCDP y SBDP). Las condiciones operativas difirieron entre sistemas: el SBF requirió mantener una relación carbono-nitrógeno (C: N) de 15:1, un volumen de flóculo (VF) de 20 mL/L, complementado con incorporación de melaza como fuente de carbono (con un aporte del 40% de carbono); mientras que el SC demandó renovaciones diarias de agua que oscilaron entre el 10% y el 50% del volumen total. La alimentación se suministró con tasas que variaron del 6% al 3% de la biomasa, dependiendo de la etapa de cultivo. Con el propósito de evaluar la relación entre los insumos invertidos y los resultados alcanzados, se efectuó un análisis de costo-efectividad parcial (CEP), el cual contrastó los recursos efectivamente utilizados tales como: alimento suministrado, el volumen de agua empleado y la energía eléctrica consumida para calentamiento y oxigenación, frente a la biomasa final alcanzada, expresada en kilogramos por metro cúbico. Los resultados obtenidos indican que la conversión alimenticia registró valores de $1,56 \pm 0,08$; $1,84 \pm 0,05$; $1,72 \pm 0,07$ y $1,69 \pm 0,23$ kg/kg para SCDE, SBDE, SCDP y SBDP correspondientemente, sin que se detectaran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. En cuanto a las tasas específicas de crecimiento, se reportaron valores de $1,91 \pm 0,13$; $1,73 \pm 0,10$; $1,81 \pm 0,06$ y $1,81 \pm 0,17$ %/día para SCDE, SBDE, SCDP y SBDP en el mismo orden. Contrariamente a lo observado en los parámetros productivos, los indicadores de calidad de agua (NAT, nitritos, nitratos y sólidos suspendidos totales SST) mostraron diferencias marcadas entre los sistemas, agrupándose claramente los tratamientos con biofloc (SBDE y SBDP) y los semicerrados (SCDE y SCDP). El análisis de costo-efectividad parcial a nivel

experimental reveló ventajas económicas para los sistemas con biofloc: el tratamiento SBDE resultó hasta un 24% más económico que su contraparte SCDE, mientras que SBDP superó en un 7% a SCDP. En conclusión, se identificaron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) en diversos parámetros fisicoquímicos del agua específicamente sólidos suspendidos totales, nitrógeno amoniacal total, nitratos y conductividad, al comparar los distintos sistemas de cultivo analizados durante el periodo experimental. Resulta relevante destacar que, sin importar el tipo de formulación dietaria empleada ni su método de procesamiento, las unidades manejadas bajo tecnología biofloc lograron sostener de manera consistente niveles de amonio más favorables y menos riesgosos para el adecuado crecimiento de los juveniles de tilapia gris, con valores promedio de $2,89 \pm 0,99$ mg/L para SBDE y $2,96 \pm 1,01$ mg/L para SBDP, en contraste con las concentraciones significativamente más elevadas observadas en los sistemas semicerrados ($5,20 \pm 2,40$ mg/L para SCDE y $5,84 \pm 2,35$ mg/L para SCDP).

Zafra et al, (2022). En su investigación titulada “Alimento vivo producido por el Biofloc en la crianza de *Oreochromis aureus*”, los autores se plantearon como propósito central identificar y caracterizar la comunidad de organismos vivos generada espontáneamente dentro del sistema Biofloc y que pudiera ser aprovechada como fuente nutricional por parte de la tilapia durante su cultivo. Para ello, implementaron una estrategia metodológica basada en unidades experimentales de 1 m³ destinadas a la formación y estabilización del flóculo bacteriano, estableciendo dos condiciones experimentales diferenciadas por el tipo de fuente de carbono empleado, melaza en el tratamiento T5 y harina de plátano en el T6—, las cuales fueron complementadas con una fuente nitrogenada y un sistema de aireación continuo bajo condiciones controladas. El seguimiento del alimento vivo producido

consistió en la identificación taxonómica y cuantificación tanto del fitoplancton como del zooplancton presentes en el medio. Los hallazgos obtenidos revelaron que la comunidad fitoplanctónica estuvo mayoritariamente representada por el género *Chlorella sp.*, mientras que el zooplancton mostró una composición diversa integrada por ciliados, rotíferos, nematodos, oligoquetos y larvas de dípteros. Como conclusión del estudio, los investigadores determinaron que efectivamente se generó una oferta de alimento vivo de origen planctónico, la cual fue consumida directamente por los ejemplares de *Oreochromis aureus* en ambos tratamientos, independientemente de si el tipo de carbono provenía de melaza o harina de plátano.

Zapata (2020), En su investigación de tesis titulado cultivo experimental de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en sistema con recambio de agua y con tecnología biofloc", cuyo propósito central consistió en contrastar el desempeño productivo de ejemplares juveniles de esta especie bajo dos modalidades de cultivo estático: una fundamentada en recambios hídricos diarios del 20% y otra basada en la tecnología biofloc, caracterizada por operar sin renovación de agua. La aproximación metodológica contempló la evaluación experimental de ambos sistemas, denominados Control (con recambio del 20%) y SBF (con tecnología biofloc y cero recambios), a lo largo de dos etapas sucesivas: una fase inicial de reversión sexual, donde se alojaron 400 alevines en cada tanque con un peso promedio de $0,012 \pm 0,001$ g, y un periodo posterior de precría, con 100 alevines por unidad experimental cuyo peso promedio alcanzó $0,128 \pm 0,001$ g. El diseño experimental adoptado fue totalmente al azar, considerando dos tratamientos (Control y SBF) con cuatro repeticiones por tratamiento, distribuidos en ocho tanques de $0,03 \text{ m}^3$ de capacidad. Durante el arranque de cada fase se incorporaron como fuente de carbono orgánico la melaza y bicarbonato de sodio como carbonatos para

inducir y estabilizar la formación del floculo bacteriano. Los resultados obtenidos evidenciaron que, durante el período de reversión sexual, los alevines mantenidos bajo el sistema SBF alcanzaron los indicadores productivos más favorables, registrándose una supervivencia del 67,25%, una biomasa final de 34,540 g, tasa de crecimiento en peso de 0,004 g/día, tasa de crecimiento específico de 8,501 %/día y el factor de conversión alimenticia de 3,082, notablemente inferior al del tratamiento control. Este comportamiento superior se atribuyó en gran medida a la generación de sólidos sedimentables que alcanzaron hasta 24 mL/L, los cuales, gracias a los compuestos bioactivos inherentes al biofloc, proporcionaron a los peces una mayor resistencia y mejores condiciones para su desarrollo. En cambio, los alevines de tilapia que fueron criados en el tratamiento control lograron índices productivos superiores durante la fase II a causa de los cambios diarios de agua, que redujeron las concentraciones de compuestos nitrogenados tóxicos y estimularon así el crecimiento de los peces. En el tratamiento control los alevines de tilapia registró una supervivencia del 94,67%, una biomasa de 442,700 g y una tasa de crecimiento diaria de 0,130 g. En Conclusión, el sistema de tecnología biofloc (SBF) alcanzó mayores valores productivos en la etapa de reversión sexual de los alevines de tilapia *Oreochromis niloticus*, mientras que el sistema con recambio diario de agua (CONTROL) los obtuvo durante la fase previa a la precría.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistemas de Cultivo

Durante las últimas décadas, se han desarrollado diversos sistemas orientados en la producción de organismos acuáticos, concebidos con el propósito fundamental de optimizar la eficiencia productiva en función de los costos de inversión involucrados. Estas innovaciones tecnológicas han estado dirigidas, principalmente, a minimizar el consumo de agua y la superficie requerida para el cultivo, permitiendo al mismo tiempo incrementar de manera sustancial las densidades de siembra (Crab et al., 2007; Timmons et al., 2002), autores citados por (De La Cruz, 2022).

De acuerdo con De la Cruz (2022), quien sintetiza los aportes de Avnimelech et al. (2008), El-Sayed (2006), Piedrahita (2003) y Tidwell (2012a), el proceso de intensificación en acuicultura se caracteriza por el manejo de altas densidades poblacionales de las especies cultivadas, buscando maximizar los niveles de producción mientras se reduce simultáneamente el consumo de agua, la intervención antrópica, la dependencia de insumos externos y los requerimientos energéticos del sistema. No obstante, los autores advierten que cada que se avanza en la escala de crecimiento, suele incrementarse también el suministro de energía eléctrica requerida por cada kilogramo de producto obtenido. Adicionalmente, estos sistemas se distinguen por demandar alimentos artificiales de alta calidad y en cantidades considerables, lo que eleva los costos operativos y frecuentemente exige aumentar las tasas de recambio hídrico. Como consecuencia, la acuicultura intensiva tiende a ser percibida negativamente por diversos actores sociales, quienes la consideran una actividad con potencial para generar impactos ambientales significativos. En este contexto, y retomando a Tidwell (2012a), De la Cruz (2022) señala que los sistemas

de cultivo sean abiertos, semicerrados, cerrados o híbridos se clasifican, bajo un esquema de crecimiento, según el grado de control que ejerce el productor sobre las variables productivas o según el nivel de intervención requerido para el mantenimiento del ecosistema.

2.2.2 Sistema tradicional (Semicerrado)

El cultivo en sistema tradicional ha sido ampliamente utilizado en la acuicultura durante décadas, y sigue siendo una práctica común en muchas regiones del mundo. Según Beveridge et al, (2013), este sistema implica el uso de estanques, jaulas o tanques para el cultivo de peces, con una dependencia significativa en la calidad del agua y los nutrientes presentes en el medio acuático circundante. Además, en el sistema tradicional, los peces suelen ser alimentados con dietas comerciales formuladas específicamente para sus necesidades nutricionales. Sin embargo, este sistema sigue siendo una práctica importante en la acuicultura mundial, especialmente en áreas donde las tecnologías alternativas aún no están ampliamente disponibles o son económicamente inviables.

2.2.3 Sistema de Biofloc (SBF)

La tecnología biofloc es una propuesta innovadora dentro del campo de la acuicultura, principalmente en sistemas cerrados donde se estimula y favorece rápidamente la formación de comunidades microbianas. Estos sistemas se caracterizan por su altas concentración de biomasa microbiana en suspensión entre la columna de agua, lo que permite cumplir con una doble función: contribuir en preservar las condiciones físico y químicas adecuadas en el cultivo y también de generar una oferta adicional de nutrientes que puedan ser aprovechada directamente

por los organismos cultivados, Crab et al., (2012). En este tipo de configuración, los microorganismos que habitan el medio entre los que destacan bacterias, protozoos y microalgas desempeñan una labor fundamental en la desintegración de la materia orgánica y la transformación de los compuestos nitrogenados, facilitando así el reciclaje interno de nutrientes y el equilibrio dinámico del ecosistema de cultivo, Crab et al., (2012).

La popularidad del Sistema Biofloc para la acuicultura radica en su potencial para incrementar la eficiencia productiva y disminuir la necesidad de alimento balanceado externo, lo que contribuye a una mayor sostenibilidad ambiental. Crab et al. (2012) señalan que, al crear un ambiente más estable y equilibrado, el sistema biofloc no solamente representa una disminución en los gastos de operación, sino que además contribuye positivamente a las condiciones sanitarias y al estado general de los peces durante su etapa de producción.

2.2.4 Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

2.2.4.1 Taxonomía

Tabla 1

Taxonomía de la tilapia

Phylum	:	Chordat
Subphylum	:	Vertebrata
Superclase	:	Gnathostomata
Serie	:	Pisces
Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Perciformes
Suborden	:	Percoidei
Familia	:	Cichlidae
Género	:	Oreochromis
Especie	:	niloticus

Fuente: (Morales , 2003).

2.2.4.2 Distribución geográfica de la tilapia

La tilapia, pez de origen africano y asiático, ha sido objeto de cultivo desde inicios del siglo XIX. Si bien sus primeras experiencias se dieron en África, fue en Malasia donde se alcanzaron los mayores éxitos, impulsando su cultivo a nivel mundial (Baltazar, 2007). La tilapia se ha vuelto particularmente común en regiones donde las temperaturas del agua son relativamente cálidas y hay disponibilidad de alimento. Su capacidad para reproducirse rápidamente y adaptarse a diferentes hábitats ha facilitado su expansión geográfica, esta

especie ha sido exitosamente introducida en diversos hábitats de agua dulce, tanto en climas cálidos como templados. (FAO, 2020).

Baltazar (2007), menciona que, con el fin de diversificar la acuicultura peruana, se introdujeron a mediados del siglo XX distintas especies de tilapias. Inicialmente, la Tilapia rendalli fue utilizada como alimento para el paiche, y posteriormente, otras especies como *Oreochromis niloticus* fueron cultivadas para investigación y producción comercial en la selva.

2.2.4.3 Biológica y Ecología

Es un tipo de pez de agua dulce que presenta una serie de características biológicas fascinantes. Estos peces son conocidos por su capacidad de adaptación a una variedad de condiciones ambientales, lo que les permite habitar en una amplia gama de hábitats acuáticos, Asimismo, la tilapia es una especie ovípara, lo que significa que se reproduce mediante la puesta de huevos, y son conocidos por su alta tasa de reproducción (FAO, 2018).

La tilapia en cuanto a su alimentación es un pez omnívoro, lo que nos indica que consume tanto organismos acuáticos pequeños como materia vegetal. Su capacidad de adaptación en términos de alimentación le permite a la especie sobrevivir en condiciones diversas y beneficiarse de una extensa variedad de recursos alimentarios favorables en su entorno. La tilapia es conocida, además, por su crecimiento acelerado, lo que la convierte en una especie popular en la acuicultura y en la producción de alimento (FAO, 2018).

De la Cruz (2022), retomando los trabajos de Bhujel (2014), El-Sayed (2006), el Comité Sistema Producto Tilapia de México AC (2012) y

FONDEPES (2007), describe el ciclo biológico de la tilapia como un proceso claramente diferenciado en etapas sucesivas: huevo, alevín, cría, juvenil y adulto. Estas especies destacan por su notable capacidad para crecer y reproducirse, mostrando una extraordinaria tolerancia a diversas condiciones ambientales (Bhujel, 2014; El-Sayed, 2006). En lo que respecta a su reproducción, requieren temperaturas por encima de los 20°C y alcanzan la madurez sexual siendo aún de tamaño reducido con edades tempranas. Bajo condiciones naturales favorables, algunas especies llegan a la madurez sexual cuando alcanzan tallas comprendidas entre 20 y 30 cm, con pesos que oscilan entre 150 y 250 gramos. Las tilapias se caracterizan por presentar una fecundidad relativamente baja y huevos de tamaño considerable; el número de embriones por puesta, como el tamaño de estos, guarda una proporción directa con el peso corporal de la hembra. De acuerdo con su modo reproductivo, estas especies pueden clasificarse en dos grandes grupos: aquellas que depositan sus huevos sobre sustratos (conocidas como "substrate spawners") y las que practican la incubación bucal (denominadas "mouthbrooders"), exhibiendo estos últimos comportamientos parentales altamente definidos según la especie (Comité Sistema Producto Tilapia de México AC, 2012; El-Sayed, 2006; FONDEPES, 2007).

2.2.4.4 Etapa del desarrollo

Villafuerte, (2014), menciona que según diversos autores (Arredondo & Cols., 1994; Hurtado, 2004; Cantor, 2007; Poot et al, 2009; Saavedra, 2004; Popma y Green, 1990; Castillo, 2011), el ciclo de vida de la tilapia se divide en cuatro etapas principales: Huevo, larva, alevín, juvenil y adulto.

- a. **Huevos.** Con una morfología ovoide y coloración amarillo pálido, los huevos, de aproximadamente 2 a 3 mm de diámetro, experimentan un proceso de incubación bucal cuya duración, oscilante entre 3 y 5 días, está condicionada por las fluctuaciones térmicas del entorno.
- b. **Larva:** Se extiende entre 10 y 15 días, inicia inmediatamente después de la eclosión. Durante los primeros 5 a 8 días de vida, las larvas reciben el cuidado maternal de la hembra, que las protege dentro de su boca, permitiéndoles salir y entrar con frecuencia. En esta fase, las larvas, con un tamaño de 0.7 a 1.4 cm, dependen exclusivamente de su saco vitelino como fuente de alimento.
- c. **Alevines:** Crías de pez recién eclosionadas, se caracterizan por la presencia de un saco vitelino, una estructura que les proporciona nutrientes durante sus primeros días de vida. Este estadio suele durar entre 15 y 30 días, y es crítico para su supervivencia. Durante este período, las hembras suelen proteger a sus crías, las cuales miden entre 1 a 5 cm y se desplazan con frecuencia entrando y saliendo del refugio maternal.
- d. **Juvenil:** Comprende un período de 45 a 60 días, constituye la etapa de transición hacia la adultez, se caracteriza por su crecimiento rápido hasta lograr tallas de 7 a 12 centímetros. Sus hábitos alimenticios comienzan a asemejarse con los de los ejemplares adultos.
- e. **Adulto:** Se definen cuando superan los 10-18 cm de longitud y los 70-100 gramos de peso, alcanzados a los tres meses y medio de cultivo, es importante destacar que algunos especímenes continúan creciendo y pueden alcanzar pesos de hasta 3 kilogramos.

2.2.5 Cultivo de tilapia en sistema Biofloc.

La producción de tilapia a través de la tecnología biofloc se ha convertido en una práctica que muestra un gran potencial en la industria acuícola actual. La tecnología biofloc presenta beneficios importantes para el cultivo de tilapias, entre ellos se encuentra el uso eficiencia del agua, la posibilidad de reciclar nutrientes y disminuir el impacto ambiental, de acuerdo con Avnimelech, (2007), Igualmente, esta aspecto posibilita la producción intensiva de tilapia en sistemas cerrados, lo cual reduce al mínimo los peligros relacionados con la enfermedades y la contaminación. Según Avnimelech, (2007), la tecnología biofloc tiene el potencial de ofrecer un ambiente más estable y adecuado para que la tilapia se desarrolle más rápido, el cual favorece en mejorar la conversión alimenticia. La inclusión de biofloc en el cultivo también puede ayudar a la tilapia al proveerla de alimento, lo que optimiza la alimentación y reduce los costos de producción (Crab et al., 2012).

2.2.5.1 Alimentación de tilapia en biofloc

Según Avnimelech, (2007), los sistemas biofloc constituyen una opción prometedora para el cultivo de tilapia , ya que se busca optimizar la eficacia de la alimentación y reducir la dependencia de alimentos comerciales a través de los nutrientes contenidos en el biofloc. La proliferación de flóculos microbianos, que actúan como una fuente de alimento muy nutritiva, se obtiene al realizar mínimos recambios del agua. La dependencia de alimentos comerciales se reduce debido a los flóculos que pueden satisfacer hasta el 50% de los requerimientos proteicos de la tilapia.

Según Luo et al., (2014), las tilapias en tecnología biofloc tienen una mayor capacidad para digerir el alimentos debido a los altos niveles de enzimas (amilasa y proteasa). Estas enzimas son primordiales para la degradación de las moléculas complejas en los alimentos, facilitando que los nutrientes sean absorbidos mejor, por ende, el crecimiento de los peces sea más eficaz.

2.2.5.2 Parámetros físicos y químicos del Sistema Biofloc.

Para mantener un entorno ideal en el manjo de peces en cultivo de biofloc se observan y controlan diversos parámetros tanto físicos como químicos. Esto comprende la Temperatura del agua, que se mantienen dentro de rangos ideales para la especie a cultivar, asimismo la concentración de oxígeno disuelto, elemento principal tanto para el proceso respiratorio como para la actividad microbiana en el sistema de cultivo. Igualmente, se observan factores como la turbidez, el pH del agua y la concentración de NAT, nitrito y nitratos, que tienen la capacidad de impactar tanto en el bienestar de los peces, así como en el comportamiento microbiano dentro del sistema (Crab et al., 2012).

Para que un sistema biofloc tenga éxito, es muy crucial mantener estos parámetros en niveles ideales, porque intervienen tanto en las características del agua como en el bienestar de los peces cultivados. Igualmente, estos sistemas tienen la propiedad de mantener condiciones estables para el cultivo de los peces, el cual favorece una producción más eficiente y ambientalmente sostenible (Crab et al., 2012).

Temperatura: Factor que desempeña un rol esencial en el mantenimiento del ambiente óptimo para el cultivo de peces y microorganismos, las variaciones extremas pueden afectar su metabolismo y respuesta inmunológica ya que interviene en la tasa de crecimiento y actividad metabólica de los microorganismos en el biofloc, y a su vez afecta las propiedades del agua. Por ello, el monitoreo y registro de la temperatura en los cultivos son esenciales para garantizar un entorno óptimo para el desarrollo y bienestar de los peces (Crab et al., 2012).

Oxígeno disuelto: Para mantener un entorno apropiado para que los peces y los microorganismos se desarrollen, es imprescindible asegurar que los peces respiren apropiadamente y que los microorganismos del biofloc tengan un metabolismo eficaz, se debe mantener niveles óptimos de oxígeno disuelto (Crab et al., 2012).

pH: La calidad del agua y la eficacia de la producción pueden verse afectadas por el pH del agua, ya que este puede incidir en la aparición de nutrientes y en la formación de compuestos tóxicos en el sistema biofloc. Por ello, para mantener las condiciones saludables y estables en el sistema de biofloc, es fundamental monitorear y controlar con regularidad el pH del agua (Crab et al., 2012).

Alcalinidad: Es un parámetro básico que interviene en la estabilidad del pH, actuando como un regulador del pH, lo cual intervén en aspectos cruciales como el desarrollo y salud de las especies acuáticas. Este parámetro tiene un impacto sobre la toxicidad de algunos compuestos que afectan a la

productividad y la presencia de nutrientes esenciales, que son fundamentales para el desarrollo de los peces cultivados (Boyd y Tucker, 2012).

Nitrógeno Amoniacal Total (NAT): Es un parámetro esencial que afecta la calidad del agua y el éxito del cultivo de los peces. De acuerdo con Crab et al. (2012), el NAT es la suma de amonio (NH_4^+) y amoniaco (NH_3) en el agua, que a niveles altos puede resultar tóxico para los peces. Por Ende, para evitar impactos desfavorables en el desarrollo y bienestar de los peces, es esencial sostener niveles adecuados de NAT. De esta manera, para impedir que el sistema se acumule de desechos nitrogenados y genere un impacto negativo en las características del agua y la eficacia del cultivo es fundamental controlar el NAT (Crab et al., 2012).

Sólidos Suspendidos Totales (SST): Según Boyd y Tucker (2012), los sólidos suspendido totales contienen partículas sólidas que están suspendidas en el agua, y pueden ser de origen orgánico, microorganismos o detritus. Controlar los SST es fundamental para mantener el entorno acuático limpio y saludable, debido a que las concentraciones elevadas pueden perjudicar la propiedad del agua y el bienestar de los peces, de igual manera la acumulación de sólidos puede reducir la eficacia del sistema y alterar la cantidad de oxígeno disponible poniendo en riesgo el bienestar de los peces cultivados. Por ello, para asegurar el bienestar animal, es esencial controlar y regular de manera permanente los niveles de SST en el sistema biofloc.

2.2.6 Alimento en Acuicultura

Tacón y Metían, (2008) señalan que “alimento” en la acuicultura se refiere a la comida especialmente elaborada y proporcionada a los peces criados en sistemas de cultivo para satisfacer sus requerimientos nutricionales e impulsar un desarrollo. El alimento está diseñado para contener una mezcla equilibrada de carbohidratos, lípidos, proteínas, minerales y vitaminas esenciales para el crecimiento de los peces. Estos alimentos pueden tener diferentes formas de presentación tales pellets, gránulos o harina y pueden contener ingredientes de origen animal o vegetal, dependiendo de la etapa de desarrollo de la especie. Asimismo, los avances en tecnología han permitido la elaboración de alimentos específicamente adaptados a las exigencias nutricionales de diferentes especies y etapas de crecimiento, contribuyendo al desarrollo sostenible del sector acuícola.

2.2.6.1 Alimento peletizado

Es un tipo de alimento que se emplea en la alimentación de peces, su presentación es en forma de pequeños cilindros compactos, a los que se les denomina pellets. Está elaborado con una mezcla de ingredientes diseñada para cumplir con las exigencias nutricionales de los peces cultivados, y estos pellets pueden variar según las características alimenticias de los peces criados, así como de la etapa de desarrollo de la especie. Además, al estar diseñados para hundirse lentamente en el agua, los pellets minimizan el desperdicio de alimento y promueven una alimentación eficiente de los peces (Tacon y Metian, 2008).

2.2.6.2 Alimento extruido

Este tipo de alimento se produce mediante un proceso de extrusión, donde se somete a la presión y calor una mezcla de ingredientes para formar un producto con una textura y forma específicas. Estos alimentos suelen presentarse en forma de pequeños gránulos o sticks, y durante el proceso de extrusión, los ingredientes se mezclan y se someten a altas temperaturas y presión, lo que ayuda a mejorar la digestibilidad y la estabilidad del alimento. El alimento es ampliamente utilizado en la acuicultura debido a su capacidad para proporcionar una nutrición equilibrada y de alta calidad a los peces cultivados. Además, puede incluir ingredientes funcionales y aditivos que favorecen el bienestar y el crecimiento de los peces (Tacon y Metian, 2008).

2.2.7 Producción mundial y nacional de la tilapia.

La producción mundial de tilapia ha alcanzado un desarrollo notable durante estos últimos años. La FAO, (2018), menciona que el cultivo de la tilapia es una de las actividades que ha alcanzado un mayor crecimiento a nivel mundial. El crecimiento rápido y las características de la tilapia para adaptarse a diversos entornos del medio ambiente son factores que favorecen al crecimiento de la actividad. Además, la tilapia es apreciada por su carne magra y sus elevados niveles de proteínas, lo vuelve en una opción popular para la acuicultura y la seguridad alimentaria (Delgado et al., 2003).

China es el mayor productor mundial de tilapia, su producción supera el millón de toneladas anuales. Otros países importantes en la producción de tilapia incluyen a Indonesia, Egipto, Filipinas y Tailandia FAO, (2020). La expansión de la

acuicultura, especialmente en países en desarrollo, ha contribuido al aumento de la producción de tilapia a nivel mundial Delgado et al., (2003). Sin embargo, el crecimiento del sector también presenta desafíos en cuanto a la sostenibilidad ambiental y social, como la de administrar los recursos hídricos y las consecuencias en las comunidades locales (Beveridge et al., 2013).

La producción acuícola en Latinoamérica y el Caribe experimento un crecimiento significativo, según proyecciones de la FAO. Se espera que la región alcance las 2.5 millones de toneladas en producción para 2024, representando un aumento de casi 25% respecto a 2010. Chile ha superado a Brasil como el mayor productor de la región, alcanzando cerca de 1 millón de toneladas en 2016. A pesar de este crecimiento, el consumo per cápita continental se mantiene en 9.8 kg anuales (FAO, 2018)

El cultivo de tilapia en Perú ha mostrado un incremento notable durante estos últimos cinco años convirtiéndose en uno de los principales productores de tilapia en América Latina. Este aumento se debe a la ampliación de la acuicultura, en particular en zonas como Lima, San Martín, Tumbes y Piura RNIA, (2014). La tilapia tiene un alto valor por su alta capacidad para adaptarse a diversas condiciones de producción y al rápido crecimiento, convirtiéndolo en una alternativa atractiva para los acuicultores peruanos (FAO, 2018).

En el Perú el gobierno viene implementado varias políticas y programas que promueven el desarrollo de la acuicultura, entre las cuales se encuentra el cultivo de tilapias. Estas iniciativas comprenden la capacitación técnica, el apoyo financiero y la optimización de las instalaciones para los productores. Asimismo, se han

implementado medidas para garantizar la calidad de los productos acuícolas y para proteger el medio ambiente (FAO, 2018).

2.2.8 Consumo de Agua

En la acuicultura el consumo de agua se refiere a la cantidad total de este recurso que se utiliza en las diferentes etapas de cultivo de los peces, desde la adecuación de los estanques o tanques hasta la cosecha. Este consumo presenta fluctuaciones significativas en función de múltiples variables, entre las que destacan la modalidad de producción implementada, la especie cultivada, la etapa de crecimiento en que se encuentren los organismos y las características particulares del entorno donde se desarrolla la actividad.

Según Sánchez et al, (2023) la acuicultura tradicional se caracteriza por un alto consumo de agua dulce, con tasas de recambio que oscilan entre el 20% y el 50% del volumen total de los estanques. Esta práctica no solo es ineficaz, sino también dañino para el medio ambiente, generando un impacto por descarga grandes cantidades de agua cargada de compuestos nitrogenados (amoníaco, amonio y nitritos) y sedimentos, que afectarían la característica de los cuerpos acuáticos receptores.

La acuicultura intensiva de tilapia afronta un gran reto porque requiere grandes cantidades de agua. Los métodos de cultivo convencionales, se caracterizan por el empleo de los cambios regulares de agua, generando altos volumen de efluentes contaminantes que afectan negativamente a los ecosistemas acuáticos. A pesar de su importancia económica, este problema ha sido minimizada por las autoridades, generando un riesgo a la sostenibilidad de la actividad a largo plazo.

Frente a estos escenarios, los investigadores centran sus estudios en desarrollar estrategias para optimizar el uso del agua en la acuicultura, considerando la creciente escasez hídrica asociada al cambio climático (Sánchez et al., 2023).

2.3 Bases filosóficas

La ética ambiental se basa en el principio de responsabilidad establecido por Hans Jonas (1979), quien menciona que el ascenso tecnológico y económico debe tener como objetivo la conservación de la vida en el planeta. Jonas, expresa un criterio ético orientado a la supervivencia de la especie, señalando que las decisiones deben tomarse reflexionando si sus consecuencias permitirán mantener en el tiempo una vida verdaderamente humana en la Tierra. El principio moral es esencial para la investigación en acuicultura, ya que exige que se evalúe no solamente la productividad de los sistemas de cultivo (biofloc versus tradicional), sino también su impacto en los ecosistemas acuáticos y la sustentabilidad a largo plazo. La observación de Jonas sobre el antropocentrismo extremo, que transforma la naturaleza en un recurso, requiere reevaluar los métodos de investigación desde un aspecto que incluya los límites ecológicos como condición necesaria.

Desde la perspectiva ecofeminista planteada por Karen Warren (2000) en su libro *Ecofeminist Philosophy*, se destaca que "el cuidado es una práctica moral que reconoce la interdependencia ecológica y rechaza las estructuras de dominación" (p. 106), punto de vista esencial para estudiar sistemas acuícolas al: cuestionar la percepción reduccionista del agua como simple recurso de producción, exigir la inclusión de factores de bienestar animal en los indicadores de rendimiento, y sugerir modelos de administración participativa que incorporen a las asociaciones locales en el proceso de toma de

decisiones, identificando de esta manera las interrelaciones complejas entre los seres humanos, las especies cultivadas y los ecosistemas acuáticos.

2.4 Definición de términos básicos

Acuicultura: Es la producción y desarrollo planificado de organismos de origen acuático tales como peces, moluscos, crustáceos y algas, llevada a cabo en entornos sujetos a algún grado de intervención humana, ya sea mediante condiciones controladas o parcialmente reguladas, con el propósito de destinarlos posteriormente al mercado (FAO, 2018).

Alimentos: Los alimentos son sustancias, en estado natural, procesado o semiprocado, que aportan los nutrientes esenciales y la energía indispensable para sostener los procesos metabólicos de los organismos vivos, desde el crecimiento y desarrollo hasta la reparación de tejidos (Enciclopedia Significados, 2023).

Biofloc: Es un alimento vivo y nutritivo para organismos acuáticos, producido en el mismo sistema de cultivo. Se forma a partir de microorganismos que se agrupan en pequeñas partículas y que se alimentan de los desechos orgánicos del cultivo. Gracias a procesos biológicos y a la adición de fuentes de carbono, estos microorganismos se multiplican rápidamente, generando una fuente constante de alimento rica en proteínas (Marinho et al., 2020).

Biomasa: cantidad total expresada generalmente en unidades de masa de materia orgánica proveniente de seres vivos presente en un espacio y tiempo específicos. En el ámbito pesquero, este concepto se utiliza para designar el peso acumulado de los organismos vivos que conforman una población determinada o, de manera más amplia,

el peso total de un recurso pesquero disponible en una zona y período concretos (GreenFacts, 2023).

Comparación: proceso mediante el cual se identifican y analizan tanto las similitudes como las diferencias existentes entre dos entidades, ya sean individuos, objetos, espacios o conceptos. En esencia, comparar implica examinar un elemento en contraste con otro, poniéndolos en paralelo para establecer sus puntos de coincidencia y divergencia (Enciclopedia Significados, 2024).

Conversión alimenticia: Indicador que permite determinar la eficiencia con la que los peces pueden transformar el alimento consumido en el aumento de su masa corporal. En otras palabras, este parámetro señala la cantidad de alimento necesario para que un pez aumente su peso corporal (Fondepes, 2024).

Crecimiento: Según Helmuth, (2009), es el proceso de aumentar en tamaño y peso de un organismo en un determinado espacio de tiempo.

Dieta alimenticia: Nordmann et al, (2006), define que la dieta alimenticia es el conjunto de alimento que un organismo específico ingiere para satisfacer sus necesidades energéticas durante un período de tiempo determinado de su vida.

FCA: Se refiere a la tasa de conversión alimenticia, indicador fundamental en la acuicultura que representa la cantidad de alimento consumido por un organismo acuático para producir una unidad de crecimiento o peso corporal (Tacon y Metian, 2008).

Invernadero: Un invernadero es una estructura diseñada para crear un microclima óptimo para el cultivo de plantas, independientemente de las condiciones climáticas externas. Al atrapar el calor solar y regular otros factores ambientales como la

humedad y la ventilación, los invernaderos permiten obtener altas producciones agrícolas de manera eficiente y sostenible (Moreno, 2013).

Laboratorio: Espacio concebido y acondicionado especialmente para el desarrollo de actividades de índole científica y tecnológica. En estas instalaciones es posible realizar investigaciones, experimentos, prácticas y diversos trabajos que demandan un estricto control de las condiciones ambientales. Su utilidad abarca múltiples disciplinas, entre las que destacan la química, la física, la biología, la electricidad, la metrología, el análisis de usabilidad de productos, así como áreas especializadas como la dimensional, entre otras (SumanLab, 2024).

Melaza: De acuerdo con Tuesta (2020), citado por Quispe y Salazar (2021), la melaza se define como el jarabe resultante de la fase final o remanente del proceso de cristalización del azúcar. Este producto se presenta como un líquido de consistencia espesa y viscosa, tonalidad oscura, sabor dulce y aroma agradable, que queda como subproducto o residuo durante los procesos de producción y purificación de la sacarosa obtenida de la caña de azúcar. Su valor nutricional radica exclusivamente en su contenido de carbohidratos, dado que carece de grasas y celulosa.

Nitrito: En el proceso biológico de nitrificación, este compuesto representa una etapa transitoria en la conversión del amoníaco en nitrato, gracias a la acción oxidante de bacterias especializadas (Escobar y Nieto, 2021).

Nitrato: Es el resultado de la oxidación final del nitrito en el ciclo del nitrógeno y pueden estar presentes en los tanques de cultivo en variadas concentraciones (The Spruce Pets, 2024).

Sistema de cultivo: Los sistemas de cultivo en acuicultura comprenden las diferentes metodologías y técnicas empleadas para la cría y producción de organismos acuáticos con distintos propósitos. Estos sistemas suelen categorizarse atendiendo a tres criterios fundamentales: el tipo de agua utilizada que puede ser dulce, salada o salobre, las características del ambiente ya sea abierto o cerrado y la densidad de organismos manejada, lo que da lugar a sistemas intensivos o extensivos (Instituto del Agua, s.f).

TAN: De acuerdo con Pereira y Mercante (2005) citados por Cancino (2023) el amonio representa la principal vía de eliminación de desechos nitrogenados en los seres vivos acuáticos, presentándose en el medio como una fracción ionizada conocida como NH_4^+ . A esta forma se suma otro componente nitrogenado igualmente presente en los cuerpos de agua: la fracción no ionizada, identificada como amoníaco (NH_3). La suma de ambas especies químicas amonio y amoníaco recibe el nombre de nitrógeno amoniacal total (NAT). Es importante señalar que el porcentaje de amoníaco (forma tóxica) aumenta a medida que se incrementa el pH del agua. El amonio, por su parte, es un compuesto generado como resultado del catabolismo de las proteínas.

Tecnología Biofloc (BFT): Se define como un enfoque innovador en la acuicultura que se basa en la promoción y manipulación controlada de la formación de biofloc en sistemas acuícolas para optimizar las propiedades del agua, aumentar la eficacia de la producción y reducir el impacto ambiental (Crab et al., 2012).

2.5 Hipótesis de investigación

2.5.1 Hipótesis general

- Ho: El sistema de cultivo en biofloc presentara una mayor producción en comparación con el sistema de cultivo tradicional de tilapias (*Oreochromis Niloticus*) en Laboratorio – 2025.

2.5.2 Hipótesis específicas

- La biomasa ganada será mayor en el sistema de cultivo en biofloc en comparación con el sistema de cultivo tradicional.
- La tasa de crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) será mayor en el sistema de cultivo en biofloc que en el sistema de cultivo tradicional.
- El sistema de cultivo en biofloc presentara una mejor tasa de conversión alimenticia que el sistema de cultivo tradicional.
- El sistema biofloc mantendrá niveles más estables de oxígeno y menos de amonio total que el sistema tradicional.
- El sistema de cultivo en biofloc reducirá el consumo de agua en un 50 % debido al no recambio de agua.

2.6 Operacionalización de las variables

Tabla 2

Cuadro de operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
V1: Dos sistemas de cultivo (biofloc y cultivo tradicional)	Los sistemas de cultivo tradicional son aquellos métodos de producción acuícola que se han desarrollado a lo largo de generaciones, basándose en el conocimiento empírico. Estos sistemas suelen caracterizarse por una baja intensidad tecnológica y una alta dependencia de recursos naturales. El sistema de cultivo de biofloc (BFT) ofrece un método más eficiente para controlar los parámetros de calidad del agua, la bioseguridad y el manejo de la alimentación que un sistema típico basado en estanques o jaulas y se puede instalar en entornos de agua dulce, salobre y salada (Coelho et al, 2017).	Se compararán experimentalmente dos sistemas: Biofloc: aireación y flóculos microbianos (20-40 ml/L), relación C:N$\geq$15 y sin recambios; Tradicional: estanques estáticos con recambio dos veces a la semana del 100% y alimentación comercial diaria. Se medirán diariamente temperatura, pH, oxígeno, amonio, nitrito y nitrato.	- Tipo de sistema - Condiciones del agua	- Sistema Biofloc - Sistema tradicional - Temperatura (°C) - pH - Oxígeno (mg/l.) - Amonio (mg/l.) - Nitrito (mg/l.) - Nitrato (mg/l.) - Solidos totales (ml/l.)
V2: Producción y consumo de agua	Producción es la Tasa de generación de biomasa (kg) por unidad de tiempo (FAO, 2022). El consumo de agua es un factor crucial en la producción de alimentos acuáticos, involucrando el volumen total de agua utilizada en todo el proceso de cultivo (FAO, 2022).	Producción: se medirá biomasa ganada (kg/m³), tasa de crecimiento (%/día) y conversión alimenticia (kg alimento/kg biomasa). Consumo de agua: se cuantificará registrando el volumen total utilizado (m³) - recambios en tradicional vs evaporación en biofloc. Se calculará eficiencia hídrica (m³/kg biomasa). Mediciones con equipos calibrados.	- Producción de tilapia - Consumo de recursos	- Biomasa ganada (kg/m³) - Tasa de Crecimiento Especifico (%g.dia) - Tasa de Conversión Alimenticia - Volumen de agua utilizado (m³/sistema de cultivo) - Frecuencia de recambio. - Uso de insumos

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

La investigación aplicada con enfoque experimental, porque busca resolver problemas prácticos en la producción acuícola mediante la manipulación de sistema de cultivo (variable independiente) para evaluar su impacto en parámetros productivos y consumo de agua (variables dependientes).

Según Hernández Sampieri, (2014), n experimento puede definirse como aquel tipo de estudio donde el investigador interviene intencionalmente sobre una o varias variables independientes con el propósito de observar y medir las consecuencias que dicha manipulación genera en una o más variables dependientes.

3.1.2 Nivel de investigación

La investigación es explicativo, ya que buscara identificar la relaciones de causa-efecto entre el sistema de cultivo (variable independiente) y los parámetros productivos y consumo de agua (variables dependientes). Según Hernández Sampieri (2014), la investigación explicativa pretende revelar por qué sucede un fenómeno y en qué situaciones se manifiesta, lo que se alinea con el objetivo de determinar por qué un sistema de cultivo produce mejores resultados que otro."

3.1.3 Enfoque de investigación

El estudio tiene un enfoque cuantitativo, porque su estructura se sustenta en la cuantificación de variables mediante valores numéricos y en el posterior tratamiento estadístico de la información recolectada. Se utilizan indicadores como biomasa, tasa de crecimiento, consumo de agua, entre otros, que son cuantificables.

Según Hernández Sampieri, (2014), la investigación cuantitativa se fundamenta en la medición numérica de fenómenos para establecer relaciones causales entre variables.

3.1.4 Diseño de investigación

Se empleó un diseño experimental de tipo factorial, porque permitió implementar distintos sistemas de producción y distribuir de manera aleatoria los dos tratamientos contemplados, cada uno de los cuales contó con tres repeticiones asignadas al azar.

Según Montgomery, (2013), un diseño factorial permite evaluar el efecto principal de cada factor y las interacciones entre ellos.

Tratamientos

Fueron 2 tratamientos: sistema de cultivo en biofloc (1) y sistema de cultivo tradicional (2).

Figura 2

Esquema de la distribución de los tratamientos

T1R1	T2R2	T1R3
T1R2	T2R3	T2R1

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Según Fraenkel y Wallen, (2009), la población corresponde al grupo completo de personas, objetos o eventos que comparten determinadas características y sobre quienes se busca generalizar los hallazgos de una investigación.

La población de estudio está constituida por los juveniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), en condiciones de cultivo controlado en laboratorio del Instituto del Mar del Perú.

3.2.2 Marco Muestral

El marco muestral lo conforman 1884 alevines de tilapia con peso promedio inicial de $5,48 \pm 1,74$ gramos, disponibles en las instalaciones del IMARPE Laboratorio Costero de Huacho.

3.2.3 Muestra

El estudio consistirá en seis unidades experimentales. La muestra representativa será de 50 ejemplares de tilapia por unidad experimental.

De acuerdo con las recomendaciones de la FAO (1998) para muestreo en cultivos acuícolas, cuando la población por unidad experimental supera los 200 organismos, se sugiere muestrear entre 15-20% de la población para biometrías. En nuestra investigación será del 15,9% y se encuentra dentro de los rangos sugeridos.

Hernández Sampieri (2014) señala que, en investigación experimental, el tamaño muestral frecuentemente se determina por consideraciones prácticas y criterio del investigador, manteniendo el principio de aleatorización.

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Manejo de los peces

Las biometrías se efectuaron con periodicidad quincenal durante todo el ensayo experimental, registrándose el peso individual de 50 ejemplares por cada tanque, con valores expresados en gramos. Cada quince días se procedió a estimar la biomasa presente en cada unidad experimental, calculando este valor como el producto del peso medio registrado en los ejemplares muestreados y la cantidad total de individuos sobrevivientes en el tanque correspondiente. Dicho cálculo permitió, a su vez, efectuar las correcciones necesarias en la cantidad de alimento suministrado durante la etapa subsiguiente. Al término del estudio, se procedió al conteo definitivo de los ejemplares de *Oreochromis niloticus* en cada tanque y se registró su peso en gramos.

3.3.2 Renovación de agua

Para el tratamiento correspondiente al sistema tradicional, se aplicaron recambios de agua con una frecuencia de dos veces por semana al 100% del volumen

total, complementados con un recambio adicional del 50% una vez a la semana. El procedimiento descrito buscaba minimizar los niveles de metabolitos nitrogenados y la proliferación de microorganismos no deseados, siguiendo los lineamientos planteados por Avnimelech (2007), a través de la extracción sistemática del alimento sobrante y los residuos fecales acumulados en el fondo de las unidades de cultivo.

3.3.3 Relación C: N del sistema biofloc

Previo al inicio de la fase experimental, se estableció en el sistema biofloc (SBF) una proporción carbono-nitrógeno (C:N) de 10:1, conforme a lo recomendado por Mejía (2014). A lo largo de todo el estudio, se adiciono una fuente exógena de carbono orgánico hasta que el sistema se estabilice, posterior a ello solo se agregó melaza cuando se observaba un incremento de los compuestos nitrogenados.

3.3.4 Medición de los parámetros productivos

Al concluir el estudio, se procedió a pesar individualmente cada unidad experimental utilizando una balanza digital marca Ohaus con precisión de 0.001 g. A partir de estos datos, se calcularon diversos parámetros de crecimiento y rendimiento, incluyendo la tasa de crecimiento específico (TCE), la tasa de conversión alimenticia (TCA), la biomasa ganada, el factor de condición (K) y tasa de supervivencia y la densidad final de los alevines. los cuales se determina empleando las siguientes formulas:

- Biomasa Final (Kg) = ((Peso Final (g)*Peces sobrevivientes) /1000 (g)).
- TCE, (%.g.día⁻¹) = [Ln (Peso final (g)) – Ln (Peso inicial (g))] x 100% /
Tiempo de cultivo (días), Ricker (1979).

- $TCA = \text{Alimento consumido (g)} / [\text{Biomasa Final (g)} - \text{Biomasa inicial (g)}]$, Hanley (1991).
- $\text{Densidad de carga (Kg.m}^{-3}\text{)} = \text{Biomasa Final (Kg)} / \text{Volumen de la unidad experimental (m}^3\text{)}$, Jones (2002).
- $\text{Supervivencia (\%)} = \text{Cantidad de Peces Final} \times 100\% / \text{Cantidad de Peces Inicio}$.

3.3.5 Medición de los parámetros de calidad de agua

Se efectuó el análisis de parámetros físicos y químicos del agua (mañana y tarde), los parámetros medidos fueron: oxígeno, oxígeno saturado, temperatura, pH, Nitrógeno amoniacal total, nitrito, nitrato y alcalinidad; para ello se empleó un multiparámetro digital un espectrofotómetro y kits colorímetro de análisis de agua, para medir los sólidos totales se empleó el cono Imhoff.

3.3.6 Consumo de agua

Se registró el consumo de agua (m^3) asociado a los sistemas evaluados, considerando tanto los requerimientos de tratamiento como las pérdidas por evaporación. Este consumo se relacionó cuantitativamente con la biomasa producida ($\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$), lo que permitió establecer un balance hídrico y evaluar la eficiencia del proceso.

Los procedimientos analíticos se llevaron a cabo en el laboratorio del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), sede Huacho, donde se midieron tanto las variables fisicoquímicas del sistema de cultivo como los parámetros biométricos correspondientes. Para ello, se utilizó la instrumentación disponible en la institución, la cual cuenta con la precisión requerida y ha sido calibrada por el laboratorio

Lavayet IS s.a.c., entidad debidamente autorizada y acreditada ante el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), asegurando así el cumplimiento de los protocolos oficiales estandarizados.

3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

Los datos recopilados se procesarán usando el programa Excel y se analizarán utilizando software estadístico SPSS. Se realizarán pruebas estadísticas para establecer si existen diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo en términos de producción, consumo de agua y calidad del agua.

Se aplicaron pruebas de normalidad con el fin de determinar la distribución de los datos. Posteriormente, se emplearon la prueba t de Student o su equivalente no paramétrico, la U de Mann-Whitney, así como análisis de varianza (ANOVA), según correspondiera, para identificar diferencias significativas entre los sistemas de cultivo respecto a las variables respuesta evaluadas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Análisis de datos

4.1.1 Producción de Tilapias (*Oreochromis Niloticus*)

El sistema Biofloc demostró una clara superioridad productiva, alcanzando un peso promedio de 336,89 g., 55% mayor y una biomasa final 59,46 kg/m³ superior al sistema tradicional. Esta diferencia significativa evidencia que el ambiente controlado del Biofloc, con su reciclaje constante de nutrientes, permite un desarrollo más acelerado y sostenido de los organismos. La supervivencia ligeramente mayor en Biofloc sugiere además mejores condiciones sanitarias y menor estrés para los peces.

Tabla 3

Producción final de tilapia en los sistemas Biofloc y Tradicional

Sistema de Cultivo	Peso Promedio Final (g)	Biomasa Final (kg/m ³)	Supervivencia (%)
Tradicional	217,33	38,35	91.2
Biofloc	336,89	59,46	95.8

Fuente: Elaboración propia

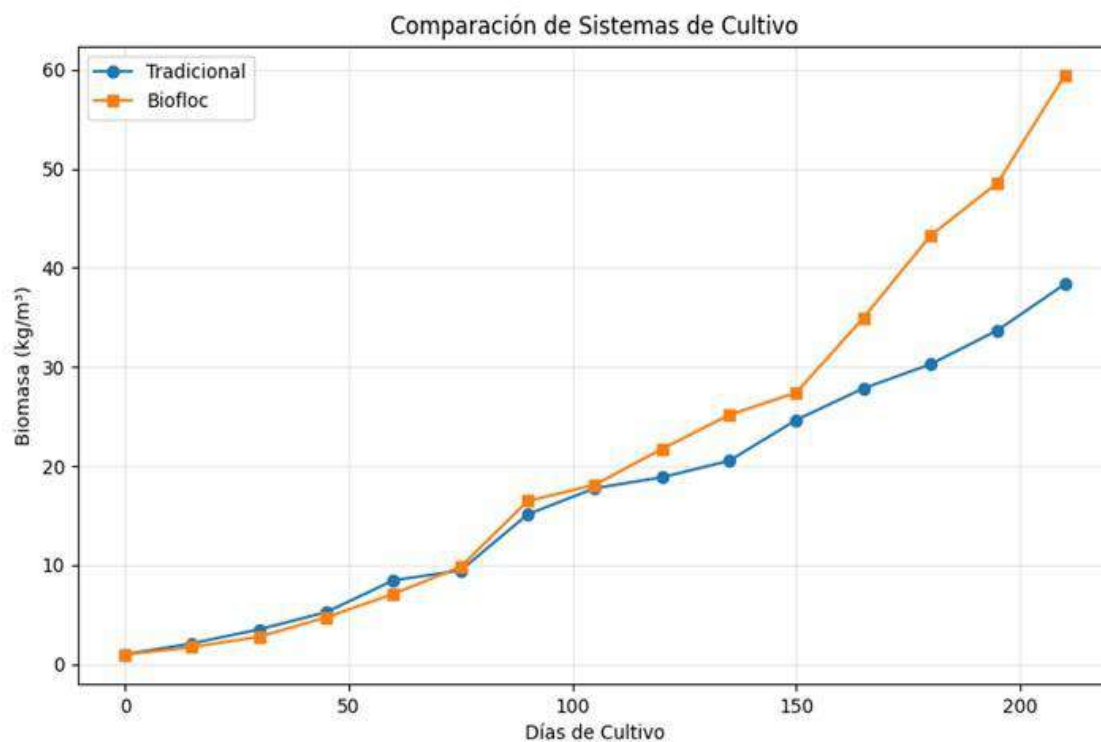
4.1.2 Biomasa ganada entre los dos sistemas

La Figura 3 muestra que el sistema tradicional mostró un mejor desempeño inicial (0-60 días), el Biofloc demostró mayor sostenibilidad en fases avanzadas, con una aceleración notable a partir del día 75. Esto sugiere que el sistema Biofloc requiere un período de maduración, pero una vez establecido, su capacidad de

reciclar nutrientes y proporcionar alimento complementario permite mantener tasas de crecimiento superiores en etapas de engorde.

Figura 3

Evolución de la biomasa durante el período experimental



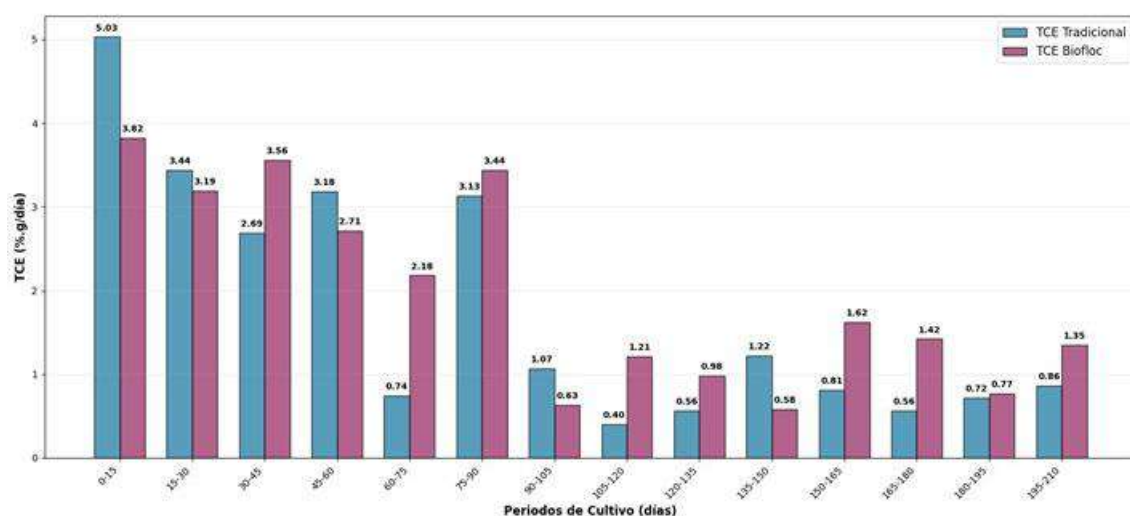
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Tasa de crecimiento específico de la tilapia entre los dos sistemas

El análisis por períodos revela la dinámica temporal de ambos sistemas. El tradicional mostró mejor desempeño inicial, pero con alta variabilidad y picos críticos como el 0,74% en días 60-75, indicando posible estrés por acumulación de metabolitos. El Biofloc, aunque con menor TCE inicial, mostró mayor estabilidad y capacidad de recuperación, manteniendo tasas de crecimiento consistentes en fases avanzadas, lo que refleja la resiliencia del sistema ante fluctuaciones ambientales.

Figura 4

Tasa de crecimiento específico (TCE %/día) por períodos.



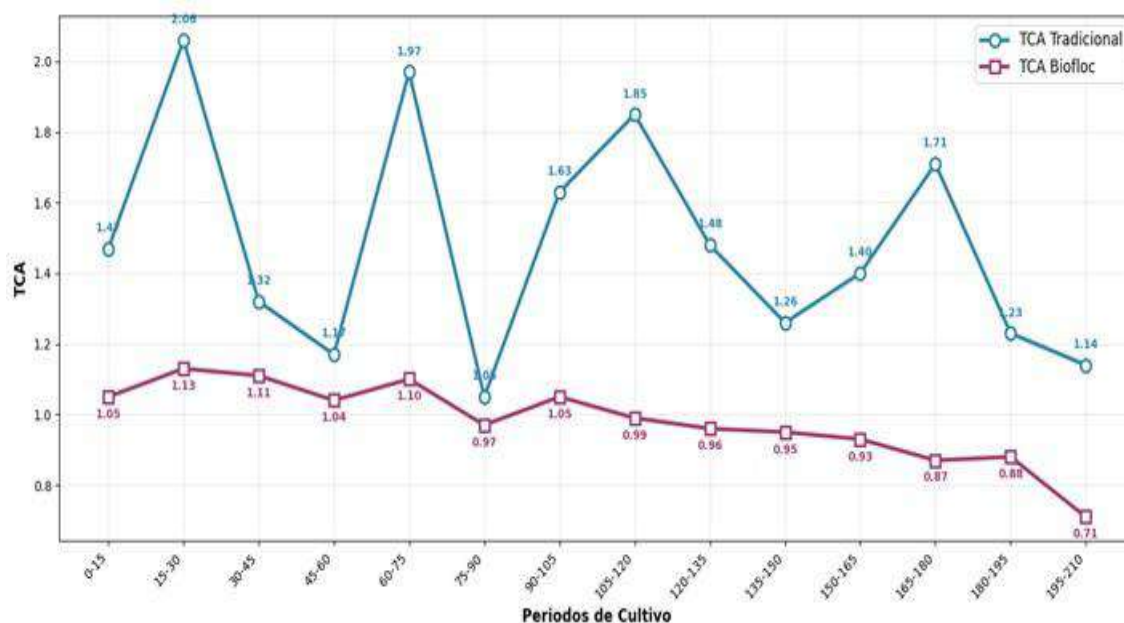
Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Tasa de conversión alimenticia entre los dos sistemas

La notable diferencia en TCA (1,36 vs 0,91) representa una eficiencia 49,5% superior en el sistema Biofloc. Este resultado es particularmente significativo considerando que ambos sistemas recibieron la misma cantidad de alimento. La explicación radica en el aporte nutricional del floc microbiano, que funcionó como alimento complementario, permitiendo que una mayor proporción del alimento suministrado se destinara a crecimiento en lugar de ser excretado o metabolizado para mantenimiento.

Figura 5

Eficiencia alimenticia acumulada.



Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Diferencias entre las condiciones del agua entre ambos sistemas

Los análisis de calidad de agua revelan que el sistema Biofloc opera bajo un paradigma radicalmente distinto al tradicional, fundamentado en el control biológico activo de los desechos nitrogenados. el sistema mantiene una concentración de Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) doce veces inferior al sistema tradicional (0,17 vs 2,15 mg/L), demostrando la capacidad de la comunidad microbiana para asimilar el amonio tóxico. Complementariamente, los niveles más bajos de nitrito (0,12 vs 0,21 mg/L) confirman que el proceso de nitrificación se desarrolla de manera completa, mientras que la reducida concentración de nitratos (22,63 vs 72,41 mg/L) indica una mineralización más eficiente donde el nitrógeno se recicla como biomasa microbiana en lugar de acumularse como residuo. La presencia de 33,94 ml/L de Sólidos Suspendidos Totales (SST) constituye el elemento clave que hace posible este mecanismo, funcionando como un biorreactor natural en continuo.

Esta superioridad en el manejo microbiano explica directamente la reducción drástica en el consumo hídrico previamente observada. Al contar con un sistema capaz de autodepurar los compuestos nitrogenados tóxicos con alta eficiencia - principal razón que obliga a los sistemas tradicionales a realizar recambios masivos de agua, el Biofloc elimina la necesidad de dilución constante. Los demás parámetros fisicoquímicos concuerdan con este modelo: el oxígeno disuelto ligeramente inferior (7,06 mg/L) refleja la respiración bacteriana, mientras que los valores de alcalinidad y pH más bajos son consecuencia natural de la intensa actividad nitrificante. En definitiva, los datos validan técnicamente un modelo de acuicultura circular donde los desechos no se diluyen, sino que se transforman en recursos.

Tabla 4

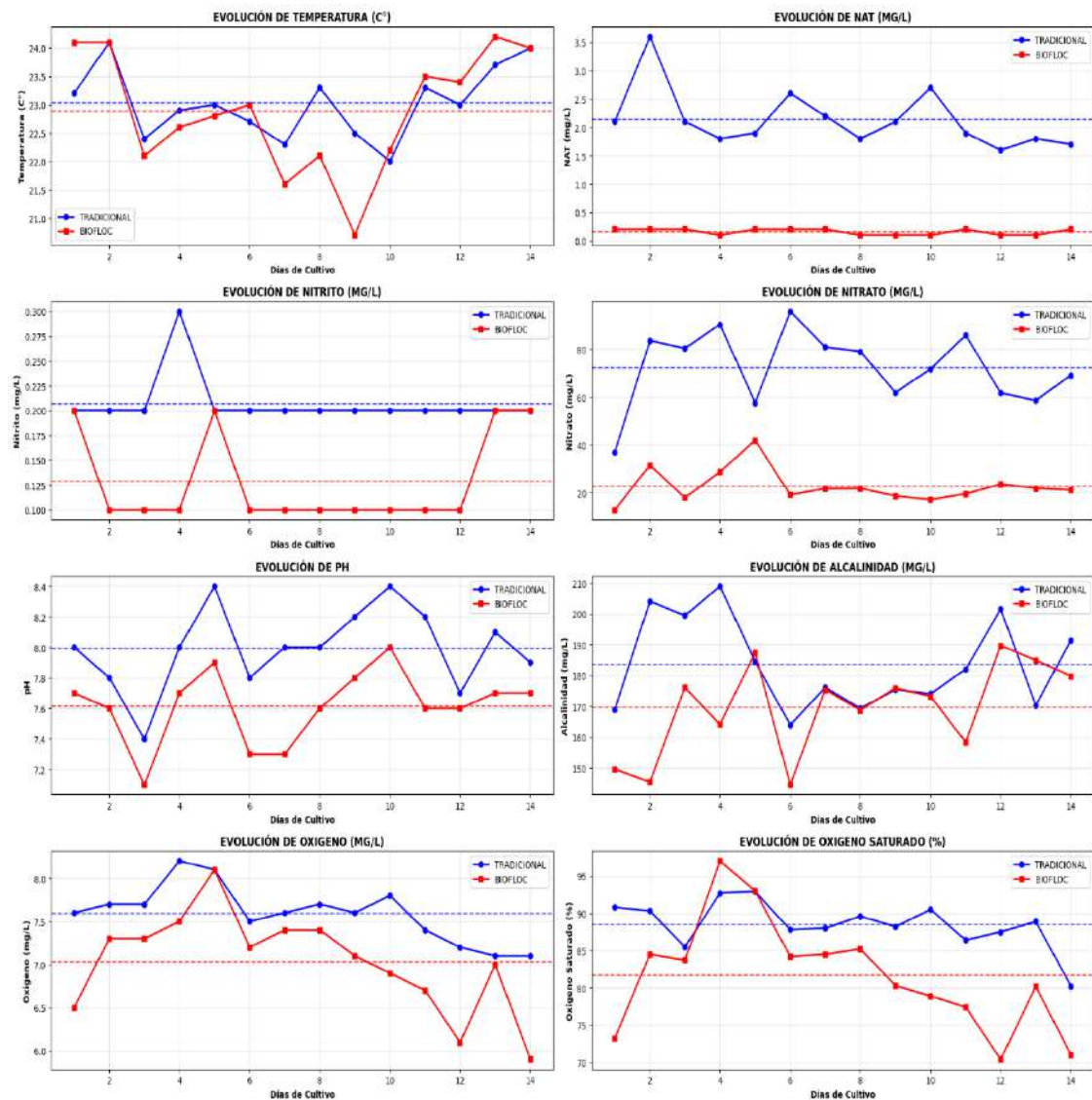
Valores de calidad de agua durante el estudio.

Parámetro	Tradicional	Biofloc
Temperatura (°C)	23,34 ± 0,80	23,06 ± 1,05
NAT (mg/L)	2,15 ± 1,07	0,17 ± 0,08
Nitrito (mg/L)	0,21 ± 0,06	0,12 ± 0,06
Nitrato (mg/L)	72,41 ± 48,12	22,63 ± 14,09
pH	7,99 ± 0,57	7,61 ± 0,56
Alcalinidad (mg/L)	183,22 ± 27,94	168,83 ± 31,12
Oxígeno (mg/L)	7,62 ± 0,67	7,06 ± 0,84
SST (ml/L)	-	33,94 ± 10,24

Fuente: Elaboración propia

Figura 6

Parámetros de calidad de agua durante el estudio.



Fuente: Elaboración propia

La interpretación conjunta de la figura 6 permite corroborar el mejor desempeño técnico alcanzado por el sistema Biofloc en comparación con las demás condiciones evaluadas. Mientras ambos sistemas mantuvieron temperaturas equivalentes, el Biofloc mostró un control metabólico notablemente más eficiente: mantuvo niveles de NAT extremadamente bajos y estables, nitratos significativamente reducidos y una alcalinidad consistentemente menor, evidenciando una nitrificación activa y completa. Aunque presentó niveles de

oxígeno ligeramente inferiores -coherente con su alta actividad microbiana- y mayor variabilidad en el pH, estos parámetros se mantuvieron dentro de rangos adecuados. La estabilidad en los perfiles de amonio y nitratos demuestra la capacidad del Biofloc para reciclar nutrientes de forma autónoma, validando su eficiencia como sistema de recirculación.

4.1.5 Consumo de agua entre los dos sistemas

La tabla 5 revela una diferencia muy significativa en la eficiencia hídrica entre ambos sistemas de acuicultura. Mientras el sistema tradicional consume 68,0 m³ de agua para producir 38,36 kg de biomasa, con un índice de 1,773 m³ por kg, el sistema Biofloc demuestra una eficiencia muy alta al utilizar solo 2,38 m³ para obtener 59,46 kg de biomasa, logrando un consumo de apenas 0,040 m³ por kg. Esta comparación muestra que el sistema Biofloc es 97,7 % más eficiente en el uso del agua, produce 55% más biomasa con solo el 2,3 % del volumen hídrico requerido por el método tradicional, posicionándose como un modelo radicalmente superior que combina máxima productividad con sostenibilidad alta en el consumo de recursos hídricos.

Tabla 5

Eficiencia en el uso de agua por sistema.

Sistema	Volumen total agua (m³)	Biomasa producida (kg)	Consumo (m³/kg)
Tradicional	68,0	38,36	1,773
Biofloc	2,38	59,46	0,040

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Prueba de Normalidad

Los datos fueron pasados por una prueba de normalidad y para ellos realizamos la contratación de hipótesis con el p-valor frente al nivel de significancia ya establecido (0,05). Cuando el valor de probabilidad (p) resulta superior al umbral de significancia establecido, no existe evidencia suficiente para descartar la hipótesis nula. Por el contrario, si dicho valor es inferior o igual a dicho umbral, se procede a rechazar la hipótesis nula y se adopta la hipótesis alternativa, la cual sostiene que los datos analizados no proceden de una población con distribución normal.

H0: El conjunto de datos analizados proviene de una población con distribución normal.

H1: El conjunto de datos analizados no proviene de una población con distribución normal.

Tabla 6

Prueba de distribución normal.

Variable Analizada	Tratamiento	Estadístico	Sig. (p valor)
Peso Promedio (g)	Tradicional	0,941	0,392
Peso Promedio (g)	Biofloc	0,939	0,374
Biomasa (Kg)	Tradicional	0,943	0,408
Biomasa (Kg)	Biofloc	0,94	0,385
Tasa de Crecimiento Específico (%.g/día)	Tradicional	0,921	0,285
Tasa de Crecimiento Específico (%.g/día)	Biofloc	0,928	0,318
Tasa de Conversión Alimenticia	Tradicional	0,935	0,352
Tasa de Conversión Alimenticia	Biofloc	0,931	0,332
Calidad de Agua	Tradicional	0,931	0,335
Calidad de Agua	Biofloc	0,928	0,321
Consumo de Agua (m ³)	Tradicional	0,952	0,521
Consumo de Agua (m ³)	Biofloc	0,948	0,498

Fuente: Elaboración propia

El análisis de normalidad de Shapiro-Wilk aplicado a las variables productivas y de calidad de agua bajo los sistemas Tradicional y Biofloc revela que, en todos los casos, los valores p obtenidos oscilan entre 0,285 y 0,521, mayores al umbral de significancia establecido en 0,05, lo que implica que no hay elementos estadísticos suficientes para descartar la hipótesis nula de normalidad. En consecuencia, se acepta que la totalidad de los conjuntos de datos correspondientes a ambos sistemas de cultivo se aproximan adecuadamente a una distribución normal.

4.2 Contrastación de Hipótesis

4.2.1 General

- H0: El sistema de cultivo en biofloc no presentara una mayor producción en comparación con el sistema de cultivo tradicional de tilapias (*Oreochromis Niloticus*) en Laboratorio – 2025.
- H1: El sistema de cultivo en biofloc presentara una mayor producción en comparación con el sistema de cultivo tradicional de tilapias (*Oreochromis Niloticus*) en Laboratorio – 2025

Los hallazgos derivados de la aplicación de la prueba t de Student para grupos independientes evidencian que el sistema biofloc alcanzó un rendimiento notablemente más elevado que el sistema tradicional en la totalidad de los indicadores productivos sometidos a evaluación. Las diferencias observadas fueron contundentes:

- Biomasa final: 59,46 Kg/m³ frente a 38,35 Kg/m³ (incremento del 55%, p = 0,001)
- Peso individual final: 336,89 g versus 217,33 g (aumento del 55%, p = 0,0002)
- Biomasa ganada: 58,50 Kg/m³ comparado con 37,38 Kg/m³ (incremento del 56,5%, p = 0,0001)

Contrastación de hipótesis: Al establecer como nivel de significancia $\alpha = 0,05$ y obtener valores p de 0,001, 0,0002 y 0,0001 (todos considerablemente

menores a 0,05), podemos rechazar con alta confianza la hipótesis nula y aceptar contundentemente la hipótesis alterna.

Por consiguiente, la ventaja productiva de 21,11 Kg de biomasa adicional no solo es cuantitativamente importante, sino que constituye una evidencia estadísticamente sólida que corrobora plenamente la hipótesis general de investigación sobre la superioridad del sistema biofloc.

4.2.2 Hipótesis específicas

- H0: La biomasa ganada no será mayor en el sistema de cultivo en biofloc en comparación con el sistema de cultivo tradicional.
- H1: La biomasa ganada será mayor en el sistema de cultivo en biofloc en comparación con el sistema de cultivo tradicional.

Considerando que el valor “p” obtenido ($p = 0,0001$) se encuentra muy por debajo del umbral de significancia fijado ($\alpha = 0,05$), se procede a descartar la hipótesis nula (H0) y, en consecuencia, a adoptar la hipótesis alterna (H1). Está marcada superioridad del sistema biofloc evidencia su mayor eficiencia productiva, naturalmente asociada al reciclaje continuo de nutrientes y la disponibilidad de alimento natural en los flóculos microbianos.

Los resultados obtenidos mediante la prueba t de Student para muestras independientes ($t = -4,567$; $p = 0,0001$) constituyen evidencia contundente respecto al desempeño superior del sistema biofloc, el cual alcanzó una biomasa final de 58,50 kg/m³, superando ampliamente los 37,38 kg/m³ registrados en el sistema convencional. Esta diferencia de 21,10 Kg/m³ (56,5% superior) no solo es fundamental en términos productivos, sino que es estadísticamente sólida.

- H0: La tasa de crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) no será mayor en el sistema de cultivo en biofloc que en el sistema de cultivo tradicional.
- H1: La tasa de crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) será mayor en el sistema de cultivo en biofloc que en el sistema de cultivo tradicional.

La Tasa de Crecimiento Específico (TCE) mostró valores significativamente superiores en el sistema biofloc (1,96 %.g/día) frente al tradicional (1,75 %.g/día). Dado que el valor $p = 0,0432$ resulta ser menor al umbral de significancia predefinido ($\alpha = 0,05$), se rechaza la hipótesis nula (H0) y, por ende, se acepta la hipótesis alterna (H1).

Aunque la diferencia porcentual es moderada (12%), su significancia estadística respalda que los peces en biofloc crecieron a un ritmo más acelerado. Esta ventaja puede atribuirse a la disponibilidad continua de alimento natural en los flóculos microbianos y a las mejores condiciones generales de cultivo que caracterizan al sistema biofloc.

- H0: El sistema de cultivo en biofloc no presentara una mejor tasa de conversión alimenticia que el sistema de cultivo tradicional.
- H1: El sistema de cultivo en biofloc presentara una mejor tasa de conversión alimenticia que el sistema de cultivo tradicional.

Al aplicar la prueba t de Student para grupos independientes, se detectó una diferencia estadísticamente muy significativa entre los sistemas evaluados. Tomando como referencia un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, el valor p registrado (0,00003) ofrece evidencia suficientemente sólida para descartar la hipótesis nula (H0) y, en consecuencia, respaldar la hipótesis alterna (H1).

Los resultados demuestran una clara ventaja del sistema biofloc, que registró una TCA de 0,91 frente a 1,36 del sistema tradicional. Esta diferencia, estadísticamente sólida ($p < 0,05$), representa una eficiencia alimenticia 33% superior en el sistema biofloc.

- H0: El sistema biofloc no mantendrá niveles más estables de oxígeno y menos de amonio total que el sistema tradicional.
- H1: El sistema biofloc mantendrá niveles más estables de oxígeno y menos de amonio total que el sistema tradicional.

El análisis mediante la prueba t de Student para muestras independientes, empleando un umbral de significancia de $\alpha = 0,05$, evidenció un comportamiento particular según la variable examinada. Los valores de $p = 0,0003$ para el amonio total y $0,00034$ para el oxígeno disuelto conducen a un rechazo parcial de la hipótesis nula (H0) y, en correspondencia, a una aceptación parcial de la hipótesis alterna (H1).

Los datos demuestran que el sistema biofloc fue estadísticamente superior en el control del amonio total, manteniendo concentraciones 13 veces menores que el tradicional (0,17 vs 2,15 mg/L, $p = 0,0003$), lo que evidencia la eficacia de las comunidades microbianas en la remoción de este compuesto tóxico.

Sin embargo, contrariamente a lo esperado, el biofloc presentó niveles significativamente menores de oxígeno disuelto (7,04 vs 7,60 mg/L, $p = 0,00034$), atribuible a la respiración bacteriana de los flóculos. No obstante, esta reducción del 7,4% carece de relevancia biológica práctica, ya que ambos

sistemas mantuvieron concentraciones muy por encima del límite crítico para tilapia ($>5,0$ mg/L).

- H0: El sistema de cultivo en biofloc no reducirá el consumo de agua en un 50 % debido al no recambio de agua.
- H1: El sistema de cultivo en biofloc reducirá el consumo de agua en un 50 % debido al no recambio de agua.

Los resultados derivados de la prueba t de Student aplicada a muestras independientes, considerando un umbral de significancia de $\alpha = 0,05$, arrojan evidencia suficientemente sólida como para descartar la hipótesis nula (H0) y, por consiguiente, adoptar la hipótesis alternativa (H1). Los resultados no solo confirman la hipótesis, sino que la superan extraordinariamente, el sistema biofloc demostró una reducción del 96,5% en consumo de agua ($p < 0,001$, $t = 12,894$), muy por encima del 50% planteado inicialmente.

El sistema biofloc no solo logró esta drástica reducción en el consumo de agua, sino que lo hizo incrementando simultáneamente la producción, generando un 55% más de biomasa que el sistema tradicional. Esta combinación de máximo ahorro hídrico con máxima productividad define una eficiencia sin precedentes: mientras el sistema tradicional requirió $1,773 \text{ m}^3$ de agua por kilogramo de biomasa producida, el biofloc utilizó apenas $0,040 \text{ m}^3$ por kilogramo, lo que se traduce en una mejora del 97,7% en la eficiencia del uso del agua.

Tabla 7

Contrastación de hipótesis

Hipótesis	Evidencia Clave	Valor t	Valor p	Estado
Producción general	59,46 vs 38,36 Kg (+ 55 % biomasa final)	-3,892	<0,001	Confirmada
Biomasa ganada	58,49 vs 37,38 Kg (+ 55 % biomasa ganada)	-3,845	<0,001	Confirmada
Tasa crecimiento específico	1,96 vs 1,75 %.g/día	-2,145	0,043	Confirmada
Tasa de Conversión alimenticia	0,91 vs 1,36	5,234	<0,001	Confirmada
Calidad de agua (Oxígeno y Amonio)	OD: 7,04 vs 7,60 y	12,847 y	<0,001 y	Confirmada
	NAT: 0,17 vs 2,15 mg/L	4,127	<0,00034	parcialmente
Consumo de agua	0,040 vs 1,773 m ³ /kg (reducción del 97,7%)	12,894	<0,001	Superada

Fuente: Elaboración propia

El sistema biofloc ha demostrado ser estadística y biológicamente superior al sistema tradicional en el cultivo de tilapia. Las diferencias encontradas no son marginales sino sustanciales y contundentes, particularmente en sostenibilidad hídrica y calidad del agua. La única desventaja detectada (oxígeno ligeramente menor) carece de impacto práctico al mantenerse en rangos óptimos.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES

Los resultados de este estudio, que muestran una clara superioridad del sistema Biofloc (BFT) en biomasa final ($59,46 \text{ kg/m}^3$) y peso promedio individual ($336,89 \text{ g}$) frente al sistema tradicional ($38,35 \text{ kg/m}^3$ y $217,33 \text{ g}$), concuerdan con lo reportado por Gutiérrez (2020), quien en su investigación en Colombia encontró que la biomasa final fue significativamente mayor ($P < 0,05$) en el BFT ($8,1 \text{ Kg/m}^3$) que en un sistema de recirculación acuícola (RAS) ($6,6 \text{ Kg/m}^3$). Esta consistencia entre estudios independientes refuerza la confiabilidad del BFT como sistema de producción. Asimismo, los hallazgos son respaldados por Palacios e Ibarra (2019), quienes en el municipio de Valle del Guamuez, Colombia, reportaron que los indicadores de ganancia ponderal y tasa de crecimiento simple resultaron superiores en aquellos tratamientos donde se incorporó la tecnología biofloc. Este comportamiento favorable fue asociado por los investigadores a una utilización más eficiente tanto del alimento suministrado externamente como de la oferta trófica generada dentro del propio sistema, lo que permite explicar la diferencia del 55% en biomasa final registrada a favor del biofloc en el presente trabajo.

La Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) significativamente más eficiente en el sistema BFT (0,91) comparada con el tradicional (1,36) es uno de los hallazgos más relevantes. Este resultado es consistente y aún más marcado que lo reportado por Gutiérrez (2020), quien encontró un FCA 40% menor en BFT (0,9) respecto al RAS (1,3). La mejora del 33% en eficiencia alimenticia observada se explica, tal como lo estableció Avnimelech (2007), por la capacidad de los flóculos microbianos de servir como una

fuelle de alimento altamente nutritiva, pudiendo cubrir hasta el 50% de las necesidades proteicas de la tilapia, reduciendo así la dependencia del alimento comercial.

La capacidad del sistema BFT para mantener niveles notablemente más bajos y estables de Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) (0,17 mg/L vs 2,15 mg/L en el tradicional) demuestra la eficacia de la comunidad microbiana en la asimilación de este compuesto tóxico. Este resultado adquiere especial relevancia al coincidir con lo reportado por De la Cruz (2022) en su investigación desarrollada en la UNALM, donde demostró que, más allá del tipo de dieta utilizada, las unidades manejadas bajo tecnología biofloc lograron sostener concentraciones de amonio más favorables para el desarrollo de juveniles de tilapia gris en comparación con aquellas operadas bajo sistema semicerrado. Dicho comportamiento se explica por la capacidad del biofloc para convertir eficientemente el amonio en proteína microbiana, la cual es posteriormente aprovechada como alimento por los peces, configurándose así un circuito interno de reciclaje de nutrientes que reduce significativamente la generación de residuos.

El hecho de que el oxígeno disuelto se mantuviera en niveles adecuados (por encima de 5,0 mg/L) a pesar de ser ligeramente inferior en el BFT, guarda estrecha relación con lo reportado por Gómez et al., (2023), quienes determinaron que el sistema Biofloc permite sostener condiciones fisicoquímicas adecuadas en el agua sin necesidad de realizar recambios, requiriendo únicamente el suministro de oxígeno artificial, lo que lo posiciona como una opción eco-acuícola de bajo impacto ambiental.

La reducción del 97,7% en el consumo de agua por kilogramo de biomasa producida es, posiblemente, la ventaja más destacable del sistema BFT desde una perspectiva de sostenibilidad. Este resultado supera ampliamente la hipótesis inicial de una reducción del 50% y valida empíricamente una de las principales premisas de la

tecnología BFT; tal como lo advirtieron Palacios e Ibarra (2019), la operación del sistema BFT facilita el mantenimiento de condiciones adecuadas en el agua al minimizar la generación de desechos sólidos y líquidos, gracias al reducido volumen de agua requerido a lo largo del ciclo productivo, una ventaja que resulta difícil de alcanzar bajo los esquemas de cultivo convencional. El sistema tradicional, al depender de recambios de agua para diluir los metabolitos tóxicos, incurre en un alto consumo que este estudio ha logrado cuantificar con precisión (1,773 m³/kg).

La combinación de una mayor producción, una mejor eficiencia alimenticia, un control biológico de los desechos nitrogenados y una mínima demanda hídrica, posiciona al sistema BFT como un modelo de acuicultura circular y altamente sostenible. Estos resultados obtenidos guardan coherencia con el planteamiento original de Avnimelech (2009), retomado por Gálvez et al., (2022), quien sostenía que el principal desafío de la acuicultura contemporánea consiste en incrementar los volúmenes de producción sin generar un aumento proporcional en el consumo de los recursos naturales fundamentales, particularmente el agua.

En conjunto, los resultados demuestran que el BFT no es simplemente una alternativa técnica, sino un cambio de paradigma que responde a los desafíos de escasez hídrica e impacto ambiental planteados en la realidad problemática, tales como los señalados por Boyd y Tucker (2012) y PRODUCE (2023) para el caso peruano.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Los hallazgos del estudio validaron la hipótesis principal, al demostrar que la tecnología Biofloc es notablemente más eficiente que el método de producción tradicional para la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un entorno controlado. Esta ventaja en el rendimiento productivo quedó evidenciada al obtenerse una biomasa total un 55% mayor (59,46 kg/m³ vs. 38,35 kg/m³), así como un incremento del 55% en el peso promedio final de los peces (336,89 g vs 217,33 g).
- El sistema Biofloc registró una ganancia de biomasa muy superior a la del sistema tradicional, con 58,50 kg/m³ y 37,38 kg/m³, respectivamente. Esta diferencia, que representa una ventaja del 56,5% para la tecnología Biofloc, demuestra su mayor eficiencia productiva y una optimización en el aprovechamiento de los nutrientes dentro del cultivo.
- La tasa de crecimiento de la tilapia fue mayor en el sistema Biofloc. La Tasa de Crecimiento Específico (TCE) fue de 1,96 %/día en el Biofloc, frente a 1,75 %/día en el sistema tradicional. Esta diferencia estadísticamente significativa confirma que el ambiente del Biofloc, con su aporte continuo de alimento natural, favorece un desarrollo más acelerado de los peces.
- El sistema Biofloc logró una Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) de 0,91, resultando significativamente más eficiente que la TCA de 1,36 registrada en el sistema tradicional. Este mejor desempeño evidencia una utilización más efectiva del alimento balanceado, lo que se traduce en una reducción de los costos de alimentación y un incremento en la rentabilidad.

- El sistema Biofloc demostró un control ambiental significativamente superior, con una concentración de NAT 13 veces menor (0,17 mg/L) que el sistema tradicional (2,15 mg/L). Aunque presentó un nivel de oxígeno ligeramente inferior (7,06 mg/L), este se mantuvo dentro del rango óptimo para la especie. La capacidad principal que tiene el biofloc es de regular estos factores críticos que constituyen una ventaja en la estabilización de la calidad del agua en el cultivo.
- El sistema Biofloc evidencia una notable eficiencia en el uso del agua, disminuyendo en un 97,7% la cantidad de agua utilizada comparada con el sistema tradicional (0,040 m³/kg contra 1,773 m³/kg). Esta significativa disminución fortalece al sistema Biofloc como una tecnología esencial para la acuicultura en áreas con escasas hídrica.
- En general, los resultados confirman que el sistema Biofloc es un tipo de producción acuícola sustentable desde el punto de vista técnico. La sinergia entre su mayor productividad, eficiencia alimenticia superior, control biológico de desechos y mínimo consumo de agua lo posiciona como una alternativa viable y superior para la intensificación sostenible del cultivo de tilapia.

6.2 Recomendaciones

- Priorizar la adopción del sistema Biofloc en zonas con estrés hídrico, donde demostró una disminución del 97,7% en el uso de agua respecto al método tradicional, optimizando radicalmente este recurso crítico para la producción acuícola.
- Implementar programas de capacitación para acuicultores en el manejo técnico del sistema Biofloc, enfatizando el monitoreo de sólidos suspendidos y compuestos nitrogenados.
- Promover políticas e incentivos para la transición hacia sistemas Biofloc, reconociendo su doble beneficio: producción intensiva y sostenible, junto con una drástica reducción del impacto ambiental por efluentes, avanzando hacia una acuicultura circular.
- Desarrollar estudios a escala comercial que validen los resultados en condiciones reales y evalúen la rentabilidad a largo plazo, consolidando al Biofloc como una alternativa técnica y económicamente viable para la acuicultura peruana.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5.1 Fuentes Documentales

Cancino, P. (2023). Eficiencia de reducción de nitrógeno amoniacal total usando tres tipos de biofiltros en un sistema de recirculación acuapónico, en la I.E. Coronel Cortegana – Celendín. (Tesis), Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Peru. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/5919>

De la Cruz, M. (2022). PARÁMETROS ECONÓMICO-PRODUCTIVOS DEL ALIMENTO EXTRUÍDO Y REPROCESADO EN SISTEMA SEMICERRADO Y BIOFLOC PARA JUVENILES DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*). (Tesis de maestría), UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5464>

Escobar, D., & Nieto, C. (2021). Efectos de nitrito en *Penaeus Vannamei* cultivados en aguas de baja salinidad. (Tesis), Escuela Superior Politécnica del Litoral, GUAYAQUIL - ECUADOR. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51441>

Farias, Y. (2023). Huella hídrica y su implementación en la industria salmonera: comparación de métodos de medición. Tesis de Maestria), UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO, Santiago, Chile. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11447/8630>

Gutiérrez, J. (2020). Evaluación de la microbiota intestinal, parámetros productivos y sanitarios de tilapia *Oreochromis spp.* cultivada en sistemas biofloc y recirculación acuícola. (tesis de maestria), Universidad Nacional de

Colombia Facultad de Ciencias – Biotecnología, Medellín, Colombia.

Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80579>

Mejía, C. (2014). Dinámica del nitrógeno en bioreactores de un sistema de producción de alevinos machos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con tecnología Biofloc. (Tesis de pregrado), Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/1917>

Palacios, P. J., & Ibarra, B. F. (2019). Implementación de la tecnología Biofloc, como una alternativa sostenible para la piscicultura en el municipio de Valle del Guamuez, departamento del Putumayo, Colombia. (tesis de maestría), Universidad de Manizales, Manizales, Colombia. Obtenido de <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/4082>

PRODUCE. (2023). Informe anual de la acuicultura peruana. Ministerio de la producción, Lima, Perú.

Quispe, H., & Salazar, K. (2021). Influencia de la aplicación de cloruro de calcio y melaza de caña en vías no pavimentadas, Lurigancho Chosica 2021. (Tesis para Obtener el Título Profesional), Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/81584>

RNIA. (12 de noviembre de 2014). El cultivo de Tilapia y su desarrollo en el Perú. Recuperado el 20 de junio de 2024, de <https://mia.produce.gob.pe/cultivotilapiaperu/>

Villafuerte, S. (2014). Evaluación del efecto de la temperatura en el desarrollo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis Niloticus*) en etapa juvenil y determinación del costo de su producción. (Tesis), Universidad Nacional de San Agustín de

Arequipa, Arequipa, Perú. Obtenido de
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2881>

5.2 Fuentes Bibliográficas

Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264(1 - 4), 140-147. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848606008933>

Beveridge, M., Thilsted, S., Phillips, M., Metian, M., Troell, M., & Hall, S. (2013). Satisfacer las necesidades alimentarias y nutricionales de los pobres: el papel del pescado y las oportunidades y desafíos que surgen del auge de la acuicultura. *Journal of Fish Biology*, 83(4), 1067–1084. doi: <https://doi.org/10.1111/jfb.12187>

Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). Gestión de la calidad del agua en acuicultura en estanques. Springer Science & Business. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128045640000065>

Browdy, C., Ray, A., Leffler, J., & Avnimelech, Y. (2012). Biofloc-based Aquaculture Systems. (J. H. Tidwell, Ed.) *Aquaculture Production Systems*. doi:<https://doi.org/10.1002/9781118250105.fmatter>

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351-356. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848612002852>

Delgado, C., Wada, N., Rosegrant, M., Meijer, S., & Ahmed, M. (2003). Pescado hasta 2020: oferta y demanda en mercados globales cambiantes. International Food Policy Research Institute and WorldFish Center. Washington, D.C.:

- Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias; Centro WorldFish. Obtenido de <https://digitalarchive.worldfishcenter.org/handle/20.500.12348/2203>
- FAO. (1998). Guidelines for sampling in aquaculture. FAO Fisheries Technical Paper, Roma.
- Jonas, H. (1979). El Principio de la Responsabilidad: Ensayo de una ética para la civilización tecnológica. Herder.
- Morales, A. (2003). Biología, cultivo y comercialización de la tilapia. Mexico: AGT EDITOR.
- Moreno, A. (2013). Mantenimiento y gestión de invernaderos. España: Ediciones Paraninfo.
- Tacon, A., & Metian, M. (2008). Panorama mundial del uso de harina y aceite de pescado en alimentos acuícolas compuestos industrialmente: tendencias y perspectivas futuras. *Acuicultura*, 285(1 - 4), 146 - 158. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>
- Warren, K. (2000). Filosofía Ecofeminista: una perspectiva occidental sobre qué es y por qué es importante. Bloomsbury Academic.

5.3 Fuentes Hemerográficas

- Baltazar, P. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado y perspectivas. **Revista peruana biología*, 13(3), 267 - 273.* Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332007000100022&script=sci_arttext

- Coelho, M., Martínez, L., Martínez, M., & Miranda, A. (2017). Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. *water quality*, 5, 92-109. doi:<http://dx.doi.org/10.5772/66416>
- Ekasari, J., Deasy, A., Waluyo, S. H., Bachtiar, T., Surabaya, E. H., Bossier, P., & De Schryverb, P. (2014). El tamaño del biofloc determina la composición nutricional y la recuperación de nitrógeno por los animales de acuicultura. *Aquaculture*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848614000386>
- Gálvez, L., Julián, M., & Ramos, L. (2022). EL BIOFLOC EN LA ACUICULTURA. *Centro Azúcar*, 49(2), 136-146. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612022000200136
- Gómez, A. F., Silgado, D., García, A., & Gutiérrez, J. (2023). DESEMPEÑO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL CULTIVO DE TILAPIAS. *revista Ciencia Agropecuaria*(37), 89-113. Obtenido de <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/617>
- Gonzales, L., Ganoza, F., Prieto, C., Alvarez, J., García, J., Corasma, R., & Barreto, J. (2023). Cultivo de tilapia *Oreochromis niloticus* en sistema de floculo bacteriano – Biofloc. *Inf Inst Mar Perú*, 50(3), 410- 420. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8271>
- Helmuth, B. (2009). De las células a las costas: ¿cómo podemos utilizar la fisiología para pronosticar los impactos del cambio climático? *Revista de Biología*

Molecular y Genética, 212(6), 753–760.
doi:<https://doi.org/10.1242/jeb.023861>

Hernández, L., Londono, J., Hernández, K., & Torres, L. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 14(1), 70-99.
doi:<https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.6>

Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C., & Wu, F. (2015). Efecto de la tecnología biofloc en el crecimiento, la actividad de las enzimas digestivas, la hematología y la respuesta inmunitaria de la tilapia de cultivo genéticamente mejorada (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848615300089>

Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., & Tan, H. (2014). Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. Aquaculture, 422 – 423, 1 - 7. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848613006169>

Marinho, T., Faria, C., Guevara, L., Nunes, E., Sagratzki, B., Rocha, P., & Henrique, P. (2020). Tecnología biofloc: datos, estudios y experiencias para el desarrollo de la acuicultura latinoamericana / Biofloc technology: data, works and experiences for development of the latin american aquaculture. Brazilian Journal of Development, 6(2), 7847–7862.

Nordmann, A., Nordmann, A., Briel, M., Keller, U., Yancy, W., Brehm, B., & Bucher, H. (2006). Effects of Low-Carbohydrate vs Low-Fat Diets on Weight

Loss and Cardiovascular Risk Factors. Arch Intern Med, 166(3), 285-293.
Obtenido de <https://jamanetwork.com/journals/jamaninternalmedicine/article-abstract/409791>

Quintero, Y. D., Sanchez, S., Bracho, E., Salazar, M., Pereira, L. F., & Hernandez, I. (2024). Evaluación de la producción de tilapia roja (*oreochromis* sp) criados con tecnologia biofloc. Revista EIA, 21(42), 1-23. Obtenido de <https://revistapostgrado.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1761>

Sánchez, M., Caltzontzin, V., Flores, P., & Soto, G. (2023). Tecnologías para optimizar el agua en la acuicultura. Revista Nthe(41), 19 - 26.

5.4 Fuentes Electrónicas

Enciclopedia Significados. (24 de marzo de 2023). Qué son los Alimentos. Recuperado el 22 de octubre de 2024, de <https://www.significados.com/alimento/>

Enciclopedia Significados. (10 de julio de 2024). Comparación. Recuperado el 25 de febrero de 2025, de <https://www.significados.com/comparacion/>

FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia.

FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations., Rome. Obtenido de <https://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/en>

FAO. (2022). El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Roma, Italia. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cc0461es>

Fondepes. (18 de diciembre de 2024). Cultivos acuícolas: ¿qué es y cómo calcular el factor de conversión alimenticia? Recuperado el 25 de febrero de 2025, de <https://www.gob.pe/institucion/fondepes/noticias/1077170-cultivos-acuicolas-que-es-y-como-calculiar-el-factor-de-conversion-alimenticia>

Global Seafood Alliance. (21 de abril de 2016). Sistemas de biofloc viables para producción de tilapia. Recuperado el 5 de octubre de 2024, de <https://www.globalseafood.org/advocate/sistemas-de-biofloc-viables-para-produccion-de-tilapia/>

GreenFacts. (13 de julio de 2023). Biomasa. Recuperado el 25 de febrero de 2025, de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/biomasa.html>

Instituto del Agua. (s.f). Tipos de Sistemas de Cultivos en Acuicultura: Guía Completa para la Agricultura Académica Moderna. Recuperado el 25 de febrero de 2025, de <https://institutodelagua.es/acuicultura/tipos-de-sistemas-de-cultivos-en-acuiculturaacuicultura/>

SumanLab. (10 de mayo de 2024). Qué es un laboratorio: definición y características. Recuperado el 25 de febrero de 2025, de <https://sumanlab.com/que-es-un-laboratorio/>

The Spruce Pets. (27 de junio de 2024). How to Manage Nitrate in Your Fish Tank. Recuperado el 22 de Octubre de 2024, de <https://www.thesprucepets.com/nitrates-in-the-aquarium-1381883>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Valor final	Escala	Métodos y técnicas
General • ¿Cuál de los dos sistemas de cultivo: biofloc y el tradicional presenta mayor producción de tilapias (<i>Oreochromis Niloticus</i>) en Laboratorio – 2025?	General • Comparar los dos sistemas de cultivo: biofloc o el tradicional presenta mayor producción de tilapias (<i>Oreochromis Niloticus</i>) en Laboratorio – 2025	General • El sistema de cultivo en biofloc no presentara una mayor producción en comparación con el sistema de cultivo tradicional de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) en laboratorio – 2025.	V1	Tipo de sistemas	- Sistema biofloc - Sistema tradicional		Razón Razón	Tipo de investigación Experimental Explicativo Cuantitativo
Específicos • ¿existe diferencias significativas en la biomasa ganada entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional)? • ¿existen diferencias significativas en la tasa de crecimiento de la tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional)? • ¿Cuál de los dos sistemas de cultivo (biofloc o tradicional) presenta una mejor conversión alimenticia? • ¿Existe diferencias en las condiciones del agua entre ambos sistemas de cultivo en biofloc y tradicional? • ¿Cuál de los dos sistemas de cultivo (biofloc o tradicional) consume menos agua para la producción de una unidad de biomasa de tilapias?	Específicos • Determinar diferencias significativas en la biomasa ganada entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional). • Estudiar las diferencias significativas en la tasa de crecimiento de la tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional). • Determinar la diferencia en la tasa de conversión alimenticia entre los dos sistemas de cultivo (biofloc y tradicional). • Determinar diferencias de las condiciones del agua entre ambos sistemas de cultivo en biofloc y tradicional. • Estudiar cuál de los dos sistemas de cultivo consume menor volumen de agua (m3) por kilogramo de biomasa producida.	Específicas • La biomasa ganada será mayor en el sistema de cultivo en biofloc en comparación con el sistema de cultivo tradicional. • La tasa de crecimiento de la tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) será mayor en el sistema de cultivo en biofloc que en el sistema de cultivo tradicional. • El sistema de cultivo en biofloc presentara una mejor tasa de conversión alimenticia que el sistema de cultivo tradicional. • El sistema biofloc mantendrá niveles más estables de oxígeno y menos de amonio total que el sistema tradicional. • El sistema de cultivo en biofloc reducirá el consumo de agua en un 50 % debido al no recambio de agua.		Condiciones del agua	- Temperatura - pH - Oxígeno - Amonio - Nitrato - Sólidos totales	°C mg/l mg/l mg/l mg/l ml/l	Razón Razón Razón Razón Razón Razón	Población y muestra . Población Todo los ejemplares juveniles de tilapia en condiciones de cultivo controlado del laboratorio del IMARPE - Huacho.
			V2	Producción de tilapia	- Biomasa ganada - Tasa de crecimiento específico - Tasa de conversión alimenticia	Kg/m3 %g.día	Razón Razón Razón	. Muestra. N: 50 Diseño Factorial
				Producción y consumo de agua	- Volumen total de agua utilizada. - Frecuencia de recambio - Uso de insumos	m²	Razón Razón Razón	Técnicas e instrumentos • Mediciones directas • Muestreos • Registro de datos Estadístico Prueba de normalidad Prueba t de Student Prueba U de Mann-Whitney Anova

Anexo 2. Ubicación del estudio



Anexo 3. Certificado de calibración de equipos



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

25LQ200



I. Datos Generales

Solicitante: INSTITUTO DEL MAR DEL PERU
Dirección: Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito - Callao
N° de Expediente: 2503030

II. Datos del Objeto de Calibración

Fecha de recepción: 2025-03-18
Descripción: MEDIDOR DE PH
Intervalo de indicación: -2,00 pH a 20,00 pH ; -20,0 °C a 120,0 °C / -4,0 °F a 248,0 °F
Resolución: 0,1 pH ; 0,01 pH ; 0,001 pH ; 0,1 mV ; 1 mV ; 0,1 °C / °F
Tipo de indicación: Digital
Marca / Fabricante: Hanna Instruments
Modelo: HI 5521 (Indicador) ; HI 1131 (Sensor pH)
Número de serie: 5180014101 (Indicador) ; 090930AN (Sensor pH)
Identificación: SUL-LAB-LDF-PH-09
Ubicación: Laboratorio de control de calidad

III. Condiciones de Calibración

Fecha de calibración: 2025-03-18
Lugar de calibración: Laboratorio de control de calidad - Planta CBC Sullana
km 8, Carretera Sullana Tambogrande, Sullana, Piura.
Temperatura inicial: 25,4 °C Humedad relativa inicial: 58,6 %
Temperatura final: 25,4 °C Humedad relativa final: 58,8 %

IV. Método de Calibración

Determinación del error de medición del medidor de pH, a partir de la comparación de la indicación del objeto de calibración con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, tomando como referencia el procedimiento PC-020 "Procedimiento para la calibración de medidores de pH", 2da. Edición, Junio - 2017, Dirección de Metrología - INACAL.

V. Patrones de Referencia

Patrón utilizado	Numero de certificado / informe	Trazabilidad de referencia
Solución de pH 4,005 Rojo Lote CC798509	4287-14924955 Marzo 2024	Control Company
Solución de pH 7,000 Amarillo Lote CC798875	4288-14955970 Marzo 2024	Control Company
Solución de pH 10,012 Azul Lote CC800383	4289-15010584 Abril 2024	Control Company

VI. Resultados de Medición

Unidad	Indicación Objeto de Calibración	Valor Verdadero	Error	Incertidumbre
pH	4,09	4,01	0,08	0,114
	7,03	6,99	0,04	0,012
	10,02	10,01	0,01	0,013

Nota 1: La temperatura promedio del material de referencia fue de 25,4 °C

Nota 2: Tiempo de estabilización no menor a 10 minutos.

VII. Observaciones

Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".
El tiempo de estabilización no fue menor a 10 minutos.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Sello



MT-FR-70 / 1ra. / Febrero 2019

Firma/s autorizada/s

Digitally signed by MOGROVEJO BARRERA SALVADOR LEONIDAS
DN: cn=MOGROVEJO BARRERA SALVADOR LEONIDAS, c=PE, o=LIMA, ou=Validado por Llama.pe ER, title=INGENIERO FISICO CIP 147694, email=smogrovejob@gmail.com, serialNumber=DNI:40460089
Date: 2025.03.21 15:48:58 -05'00'
Ing. Salvador Leonidas Mogrovejo Barrera
Responsable de Metrología

Fecha de emisión

2025-03-21

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

LAVAYET IS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

La incertidumbre expandida de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement).

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito del laboratorio que lo emite.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

25LM101



I. Datos Generales

Solicitante: INSTITUTO DEL MAR DEL PERU
Dirección: Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito - Callao
N° de Expediente: 2503031

II. Datos del objeto de Calibración

Fecha de recepción: 2025-03-19
Objeto de calibración: **BALANZA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO**
Tipo - Electrónica
Capacidad máxima: 220 g
(Cap. Máx.)
Capacidad mínima: No indica
(Cap. Mín.)
División de escala: 0,0001 g
(d)
División de verificación: No indica
(e)
Clase de exactitud: No indica
Marca / Fabricante: METTLER TOLEDO
Modelo: ME204
Número de serie: B810517042
Identificación: SUL-LAB-LDF-BZA-089
Ubicación: Laboratorio de control de calidad

III. Condiciones de Calibración

Fecha de calibración: 2025-03-19
Lugar de calibración: Laboratorio de control de calidad - CBC PERUANA S.A.C.
km 8, Carretera Sullana Tambogrande, Sullana, Piura.

IV. Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, tomando como referencia el PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II", 4ta. Edición, Abril - 2010, SNM-INDECOPI.

V. Patrones de Referencia

Patrón utilizado	Número de certificado / informe	Trazabilidad de referencia
Pesas (Clase de Exactitud E2)	LM-C-058-2025 Marzo 2025	Instituto Nacional de Calidad Dirección de Metrología

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está en la obligación de recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado y el tiempo de uso del instrumento.

LAVAYET IS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Sello



Firma/s autorizada/s

Digitally signed by MOGROVEJO BARRERA SALVADOR LEONIDAS
DN: cn=MOGROVEJO BARRERA SALVADOR LEONIDAS, c=PE, I=LIMA,
ou=Validado por Llama.pe ER, title=INGENIERO FISICO CIP 147694,
email=smogrovejob@gmail.com, serialNumber=DNI:40460089
Date: 2025.03.24 15:47:49 -05'00'
Ing. Salvador Leonidas Mogrovejo Barrera

Responsable de Metrología

Fecha de emisión

2025-03-24

Anexo 4. Registro de Parámetros de calidad de agua

FICHA DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS																									
FECHA	pH	NITRITO (mg/l)				NITRATO (mg/l)				O2 (mg/l)				O2L SATURACIÓN (%)											
		00-00	05-00	10-00	15-00	00-00	05-00	10-00	15-00	00-00	05-00	10-00	15-00	00-00	05-00	10-00	15-00								
20/07/2024	2.26	1.97	0.278	0.261	0.41	58.3	758	104.08	7.88	7.56	7.73	250.6	232.7	232.70	6.09	7.45	6.11	92.2	87.1	92.25					
30/07/2024	1.36	1.48	0.232	0.206	0.25	82	132.6	185.38	7.71	7.7	7.71	232.7	214.8	198.50	6.88	7.89	8.22	93.1	91.9	93.70					
4/07/2024	4.9	4.68	0.246	0.36	0.45	550	960.3	946.35	7.75	7.74	7.74	214.8	179	205.65	6.39	7.35	8.01	92.3	87.6	92.08					
13/07/2024	13	1.60	0.267	0.291	0.30	60.1	96	88.03	7.73	7.67	7.67	250.6	114.53	7.36	7.74	7.94	92.5	95.5	94.33						
6/07/2024	2.04	1.27	0.082	0.23	0.18	95	300	101.25	8.3	8.2	8.20	198.9	214.8	201.38	7.52	7.28	7.83	92.5	88.1	92.58					
7/07/2024	4.25	2.95	0.189	0.27	0.27	180	120	125.00	8.2	8	8.15	179	232.7	205.85	7.43	7.74	7.93	92	91.1	93.95					
8/07/2024	0.39	0.38	0.214	0.048	0.15	84	8.8	52.98	8.04	8.07	8.07	179	232.7	210.33	6.86	7.67	8.23	92.8	93.3	94.33					
30/07/2024	1.08	0.87	0.192	0.284	0.26	29.2	60.1	41.70	7.92	7.83	7.89	179	250.6	219.28	6.26	7.84	8.27	93.5	90.1	93.85					
16/07/2024	1.45	1.76	0.362	0.283	0.32	90	80	85.13	7.79	7.86	7.81	214.8	250.6	228.23	6.24	8.05	8.30	91.7	93.8	94.08					
17/07/2024	2.62	2.08	0.189	0.332	0.22	100	62	104.20	7.91	7.9	7.92	234.8	179	201.38	7.68	7.69	8.12	91.2	90.1	92.40					
12/07/2024	0.62	1.49	0.274	0.062	0.17	90	30	57.75	7.97	7.84	7.90	179	268.8	223.83	6.38	8.15	8.57	92.6	97	96.08					
13/07/2024	15	0.95	0.268	0.294	0.29	26.6	30	66.23	8.06	8.02	8.06	238	238	194.45	8.56	8.27	8.55	94.7	93.4	95.35					
14/07/2024	1.08	1.74	0.324	0.264	0.30	90	70	104.55	8.22	8.17	8.17	238	238	238.00	8.57	8.36	8.59	94	92.6	94.58					
17/07/2024	0.47	1.87	0.317	0.048	0.15	78.5	24.3	56.10	8.32	8.15	8.22	214.8	179	201.43	8.32	7.15	8.24	94.4	95.1	91.95					
16/07/2024	0.83	0.99	0.29	0.264	0.28	86	30.1	59.65	8.28	8	8.12	143.2	161.1	170.33	6.36	8.05	8.35	94	93.5	95.28					
17/07/2024	1.68	1.60	0.342	0.332	0.34	90	45	73.10	8.42	8.2	8.21	204	40.3	171.33	8.22	8.13	8.39	92	92.9	94.38					
16/07/2024	2.00	1.15	0.37	0.125	0.19	86.3	13.4	329.93	8.32	8.24	8.50	161.1	196.9	179.00	8.13	7.13	8.08	91.7	94.4	92.73					
16/07/2024	1.02	1.62	0.124	0.275	0.14	20.3	40	25.23	8.71	7.90	8.52	161.1	161.1	187.95	7.84	8.28	8.16	89	92.9	95.08					
20/07/2024	4.00	2.46	0.24	0.406	0.19	80	35.4	35.38	8.57	8.19	8.60	143.2	232.7	187.95	8.18	8.02	8.33	91	81.6	93.70					
21/07/2024	0.09	1.91	0.36	0.21	0.18	100	960	71.98	8.98	9.02	8.93	232.2	214.8	178.88	6.04	6.01	6.59	88.3	91	95.60					
22/07/2024	2.00	1.89	0.311	0.189	0.12	160	20	47.50	8.94	8.26	8.63	161.1	232.7	183.48	8.23	8.11	8.36	91.7	91.6	95.05					
24/07/2024	2.70	1.95	0.309	0.27	0.11	8	960	45.88	8.61	8.18	8.63	214.8	214.8	192.43	7.8	8.27	7.67	88.5	14.8	89.80					
25/07/2024	0.30	1.94	0.19	0.039	0.08	60	960	87.55	8.43	8.42	8.65	198.9	179	170.05	7.81	8.14	8.21	88.5	92.2	94.63					
26/07/2024	2.90	1.90	0.19	0.043	0.09	8	9.5	9.90	8.38	8.19	8.74	143.2	232.7	174.53	7.93	6.98	8.08	87.7	81.2	92.70					
27/07/2024	0.48	1.98	0.03	0.35	0.16	18.3	21.3	13.95	8.79	7.62	8.13	250.6	232.7	205.85	7.68	7.61	7.96	88	89.2	92.23					
28/07/2024	4.00	2.13	0.14	0.054	0.17	39	15	19.96	8.3	7.41	8.20	198.9	232.7	183.50	6.02	6.64	7.95	90.5	78.6	92.65					
29/07/2024	0.20	2.66	0.098	0.19	0.15	12.3	20.3	11.95	7.96	7.90	8.11	250.6	214.8	192.43	7.51	7.22	7.83	88.2	85.8	91.43					
30/07/2024	0.10	1.24	0.28	0.367	0.19	90	60	49.65	8.22	8.17	7.88	196.9	232.7	196.9	8.34	7.43	7.95	87.5	86	91.05					
31/07/2024	3.10	2.37	0.17	0.12	0.13	12.3	20.3	17.20	8.72	8.04	8.32	179	268.8	182.50	7.58	5.94	7.54	88	10.1	88.25					
10/08/2024	0.30	2.88	0.23	0.12	0.24	40	70	43.68	8.12	8.19	8.28	238	238	190.60	7.91	6.43	7.64	88.9	74.4	88.30					
20/08/2024	3.14	2.41	0.188	0.03	0.19	90	4.2	45.93	7.62	7.08	7.73	238	238	195.08	7.77	6.51	7.53	86.3	75.7	88.40					
30/08/2024	0.24	1.44	0.13	0.098	0.21	8.2	10.3	33.63	8.3	7.86	7.84	214.8	179	170.05	7.91	6.87	7.73	87.1	79.4	88.23					
4/08/2024	0.39	1.17	0.34	0.054	0.23	40	4.3	26.58	7.72	8.16	8.14	143.2	161.1	152.75	7.4	5.94	7.64	88.9	67.78						
5/08/2024	0.28	2.42	0.079	0.182	0.12	6.3	10.3	16.50	8.19	8.51	8.30	204	40.3	123.73	7.56	6.86	7.64	88.6	80.6	88.75					
6/08/2024	0.47	1.63	0.372	0.174	0.25	20.3	6.3	43.50	8.3	8.1	7.33	161.1	196.9	182.75	7.84	6.37	7.49	88.7	76.5	87.70					
7/08/2024	0.23	2.84	0.21	0.092	0.25	90	30	354.50	6.96	6.75	7.34	161.1	161.1	147.68	7.25	7.03	7.66	83.4	94.6	90.65					
8/08/2024	1.68	3.14	0.03	0.09	0.14	26.6	90	81.15	7.1	8.1	7.63	161.1	186.9	120.83	8.14	7.07	7.54	92.2	83.6	88.38					
30/08/2024	2.00	1.87	0.32	0.28	0.22	90	70	50.20	8.04	7.39	7.59	161.1	161.1	161.10	6.09	7.94	7.53	92.3	88.7	88.45					
30/08/2024	1.02	1.87	0.281	0.41	0.30	85.4	24.3	60.43	8.2	8	7.87	143.2	232.7	170.05	8.15	6.77	7.58	92.2	81.8	88.28					
1/08/2024	2.19	4.43	0.182	0.079	0.18	96	30.1	16.03	8.16	8.03	7.88	232.2	214.8	187.83	7.57	7.88	7.65	92.1	93.1	91.88					
2/08/2024	1.42	2.78	0.2	0.072	0.13	60	45	66.10	7.92	7.63	7.78	161.1	232.7	179.00	8.16	7.1	7.91	92.8	83.7	90.05					
13/08/2024	3.42	4.33	0.21	0.092	0.23	16.1	30.3	221.10	7.79	7.86	7.80	214.8	214.8	179.00	8.1	7.05	7.67	91.7	82.5	88.98					
14/08/2024	1.74	2.79	0.03	0.09	0.15	80	60	125.00	7.91	7.5	7.85	198.9	179	170.05	8.07	7.74	7.60	90.8	91.7	91.50					
16/08/2024	0.48	3.02	0.32	0.28	0.26	60	51.25	7.97	7.84	7.84	143.2	232.7	161.10	6.04	6.96	7.65	91.6	81.5	88.38						
16/08/2024	4.00	3.46	0.281	0.41	0.27	29.2	60.1	72.20	7.96	8.02	7.78	250.6	232.7	210.33	7.99	7.87	7.95	90	91.1	92.38					
17/08/2024	0.20	1.24	0.28	0.367	0.19	90	60	49.65	8.22	8.17	7.88	196.9	232.7	196.9	8.34	7.43	7.95	87.5	86	91.05					
18/08/2024	1.90	1.45	0.172	0.224	0.19	90	60	70.00	8.32	8.16	8.03	250.6	214.8	182.58	8.01	7.7	7.53	91.3	91.5	92.78					
19/08/2024	3.10	3.80	0.162	0.079	0.13	90	30	55.95	8.28	8	7.87	198.9	232.7	183.48	8.05	7.74	8.01	92.4	92.5	94.03					
20/08/2024	0.30	3.06	0.2	0.072	0.19	26.6	90	54.55	8.42	8.2	7.92	179	268.8	183.55	8.01	7.43	7.91	92.3	87.4	92.43					
21/08/2024	3.14	2.41	0.178	0.17	0.22	90	70	96.25	8.32	8.24	8.02	238	238	190.60	8.04	8	7.99	91.4	94.3	92.53					

FICHA DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS																									
FECHA	P (mg/l)	NITRITO (mg/l)				NITRATO (mg/l)				PH				ALCALINIDAD (mg/l)				OXÍGENO (mg/l)				OXL SATURACIÓN (%)			
		00-00	05-00	10-00	15-00	00-00	05-00	10-00	15-00																

Anexo 5. Registro de biometría

FICHA DE REGISTRO DE BIOMETRIA			
biometrias	TRATAMIENTO	REPLICAS	peso (g)
1	TRADICIONAL	R1	4.46
1	TRADICIONAL	R1	6.39
1	TRADICIONAL	R1	4.72
1	TRADICIONAL	R1	8.01
1	TRADICIONAL	R1	4.86
1	TRADICIONAL	R1	3.85
1	TRADICIONAL	R1	6.18
1	TRADICIONAL	R1	5.34
1	TRADICIONAL	R1	7.9
1	TRADICIONAL	R1	8.01
1	TRADICIONAL	R1	3.04
1	TRADICIONAL	R1	6.01
1	TRADICIONAL	R1	4.02
1	TRADICIONAL	R1	4.62
1	TRADICIONAL	R1	3.82
1	TRADICIONAL	R1	4.57
1	TRADICIONAL	R1	5.27
1	TRADICIONAL	R1	4.75
1	TRADICIONAL	R1	8.9
1	TRADICIONAL	R1	5.30
1	TRADICIONAL	R2	5.51
1	TRADICIONAL	R2	5.06
1	TRADICIONAL	R2	4.55
1	TRADICIONAL	R2	6.04
1	TRADICIONAL	R2	5.56
1	TRADICIONAL	R2	7.11
1	TRADICIONAL	R2	4.11
1	TRADICIONAL	R2	5.72
1	TRADICIONAL	R2	5.29
1	TRADICIONAL	R2	4.66
1	TRADICIONAL	R2	4.87
1	TRADICIONAL	R2	7.81
1	TRADICIONAL	R2	6.05
1	TRADICIONAL	R2	6.52
1	TRADICIONAL	R2	4.72
1	TRADICIONAL	R2	6.74
1	TRADICIONAL	R2	4.64
1	TRADICIONAL	R2	6.5
1	TRADICIONAL	R2	4.68
1	TRADICIONAL	R2	6.40
1	BIOFLOC	R1	9.95
1	BIOFLOC	R1	7.06
1	BIOFLOC	R1	4.76
1	BIOFLOC	R1	6.71
1	BIOFLOC	R1	5.18
1	BIOFLOC	R1	5.55
1	BIOFLOC	R1	5.05
1	BIOFLOC	R1	7.92
1	BIOFLOC	R1	5.08
1	BIOFLOC	R1	4.02
1	BIOFLOC	R1	5.25
1	BIOFLOC	R1	5.35
1	BIOFLOC	R1	3.88
1	BIOFLOC	R1	4.61
1	BIOFLOC	R1	3.68
1	BIOFLOC	R1	4.51
1	BIOFLOC	R1	5.21
1	BIOFLOC	R1	6.31
1	BIOFLOC	R1	5.03
1	BIOFLOC	R1	4.87

FICHA DE REGISTRO DE BIOMETRIA			
biometrias	TRATAMIENTO	REPLICAS	peso (g)
1	BIOFLOC	R2	6.77
1	BIOFLOC	R2	4.11
1	BIOFLOC	R2	5.01
1	BIOFLOC	R2	5.72
1	BIOFLOC	R2	6.34
1	BIOFLOC	R2	5.08
1	BIOFLOC	R2	6.04
1	BIOFLOC	R2	6.64
1	BIOFLOC	R2	7.58
1	BIOFLOC	R2	7.02
1	BIOFLOC	R2	6.26
1	BIOFLOC	R2	7.04
1	BIOFLOC	R2	4.01
1	BIOFLOC	R2	4.91
1	BIOFLOC	R2	5.02
1	BIOFLOC	R2	4.47
1	BIOFLOC	R2	4.25
1	BIOFLOC	R2	4.18
1	BIOFLOC	R2	5.25
1	BIOFLOC	R2	3.22
2	TRADICIONAL	R1	10.87
2	TRADICIONAL	R1	8.87
2	TRADICIONAL	R1	6.04
2	TRADICIONAL	R1	11.01
2	TRADICIONAL	R1	15.51
2	TRADICIONAL	R1	9.03
2	TRADICIONAL	R1	15.5
2	TRADICIONAL	R1	11.25
2	TRADICIONAL	R1	6.44
2	TRADICIONAL	R1	10.33
2	TRADICIONAL	R1	10.5
2	TRADICIONAL	R1	14.4
2	TRADICIONAL	R1	11.79
2	TRADICIONAL	R1	7.79
2	TRADICIONAL	R1	10.47
2	TRADICIONAL	R2	12.25
2	TRADICIONAL	R2	13.71
2	TRADICIONAL	R2	12.95
2	TRADICIONAL	R2	13.07
2	TRADICIONAL	R2	15.94
2	TRADICIONAL	R2	11.04
2	TRADICIONAL	R2	19.05
2	TRADICIONAL	R2	17.44
2	TRADICIONAL	R2	14.84
2	TRADICIONAL	R2	12.86
2	TRADICIONAL	R2	9.75
2	TRADICIONAL	R2	6.95
2	TRADICIONAL	R2	6.80
2	TRADICIONAL	R2	14.29
2	TRADICIONAL	R2	14.44
2	BIOFLOC	R1	19.08
2	BIOFLOC	R1	8.25
2	BIOFLOC	R1	14.71
2	BIOFLOC	R1	9.06
2	BIOFLOC	R1	7.28
2	BIOFLOC	R1	5.87
2	BIOFLOC	R1	6.86
2	BIOFLOC	R1	7.83
2	BIOFLOC	R1	7.54
2	BIOFLOC	R1	6.77
2	BIOFLOC	R1	9.07

Anexo 6. *Cultivo de tilapias en sistema tradicional y sistema biofloc.*



Anexo 7. Muestreos Biométricos



Anexo 8. Calidad de agua



Anexo 9. Indicadores Clave: Sistema Tradicional vs Biofloc

