

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**EFFECTO DE LA VACUNACIÓN CONTRA *Streptococcus spp.* SOBRE
VARIABLES PATOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS EN TILAPIA ROJA
(*Oreochromis sp.*), EN EL PROYECTO DE JAULAS FLOTANTES DE LA
ORGANIZACIÓN MÓDULO COMUNITARIO, SANTA CRUZ DE YOJOA,
CORTÉS.**

POR:

ARIANNA GISEL ERAZO MONTALVÁN

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE 2025

EFFECTO DE LA VACUNACIÓN CONTRA *Streptococcus spp.* SOBRE VARIABLES
PATOLÓGICAS Y PRODUCTIVAS EN TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*), EN EL
PROYECTO DE JAULAS FLOTANTES DE LA ORGANIZACIÓN MÓDULO
COMUNITARIO, SANTA CRUZ DE YOJOA, CORTÉS.

POR:

ARIANNA GISEL ERAZO MONTALVÁN

JEANCARLOS SANTOS PAZ

ASESOR PRINCIPAL:

VENTURA OBDULIO ZELAYA

ASESOR SECUNDARIO

JOSÉ FRANCISCO AGUIRIANO SÁNCHEZ

ASESOR SECUNDARIO

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE 2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A **Dios**, por ser mi guía constante, por fortalecerme en los momentos difíciles y por llenar mi camino de sabiduría, fe y esperanza.

A **mi madre, Flora Gisel Montalván Acosta**, por su amor inagotable, su dedicación y por enseñarme, con su ejemplo, la importancia de la paciencia, la bondad y la perseverancia. Gracias por ser mi apoyo incondicional y mi mayor motivación.

A **mi padre, Jaime Roberto Erazo Paz**, por su esfuerzo, su confianza y por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí. Gracias por enseñarme a luchar por mis metas con determinación y valentía.

A **mis abuelos, Elisa Acosta y Domingo Montalván**, por sus oraciones, su cariño sincero y por ser una fuente constante de fortaleza y sabiduría en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por haberme permitido llegar hasta aquí, por su guía divina y por darme las fuerzas necesarias para culminar esta etapa con éxito.

A **mis padres**, por su apoyo incondicional, sus consejos, sacrificios y amor infinito, que me han acompañado en cada paso de este camino.

A **mis abuelos**, por su ejemplo, sus palabras de aliento y el amor con que siempre me han bendecido.

A **mi hermano**, por su compañía, comprensión y apoyo en los momentos en que más lo necesité.

A mi asesor de la empresa, **José Anael Padilla Moreira**, y a mis asesores de la universidad, **Jeancarlos Santos Paz**, **Ventura Obdulio Zelaya**, **José Francisco Aguiriano Sánchez**, por su dedicación, paciencia y valiosa orientación durante el desarrollo de este trabajo.

A mi novio, **Gianfranco Flores**, por ser mi lugar seguro y mi fuente de ánimo en los momentos de cansancio y duda. Gracias por creer en mí incluso cuando yo misma lo dudaba, por tu paciencia, tus palabras de aliento y por acompañarme con amor y comprensión a lo largo de este proceso. Tu apoyo ha sido una parte muy importante de este logro.

A mis compañeros y amigos, por su colaboración, ánimo y compañerismo en cada etapa de este proceso.

Al Módulo Comunitario, por abrirme las puertas y brindarme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación.

Y finalmente, a la **Universidad Nacional de Agricultura**, por ser el pilar de mi formación profesional y el lugar donde crecí como persona y futura médico veterinaria.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
LISTA DE ANEXOS.....	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	2
II. JUSTIFICACIÓN	4
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
IV. OBJETIVOS	7
4.1. General.....	7
4.2. Específicos	7
V. HIPÓTESIS	8
5.1. Hipótesis general.....	8
5.2. Hipótesis nula.....	8
5.3. Hipótesis alternativa	8
VI. ANTECEDENTES.....	9
VII. REVISIÓN DE LITERATURA.....	10
7.1. Importancia del cultivo de tilapia.	10
7.1.1. Relevancia económica y social del cultivo de tilapia en Honduras.....	10
7.1.2. Características biológicas de <i>Oreochromis sp.</i> relevantes para la producción acuícola.....	11
7.2. Enfermedades comunes en tilapia y su impacto.....	11
7.2.1. Principales patologías bacterianas: <i>Streptococcus agalactiae</i> , <i>Francisella</i> <i>spp.</i> , <i>Aeromonas spp.</i>	11
7.3. Vacunación en tilapia	12
7.3.1. Inmunidad en peces	12
7.3.2. Tipos de vacunas disponibles	13

7.3.3.	Vías de administración.....	13
7.3.4.	Tasas de eficacia	14
7.3.5.	AQUAVAC STREP 4®.....	14
7.3.6.	Efectos secundarios de los adyuvantes en la vacuna.	14
7.3.7.	Buenas prácticas de vacunación	15
7.3.8.	DOLICAL ® 80%	16
7.4.	Mortalidad.....	17
7.5.	Ganancia de peso.....	17
7.6.	Tasa de crecimiento en peces	17
7.7.	Factor de conversión alimenticia (FCR)	18
7.8.	Parámetros fisicoquímicos	18
7.8.1.	Temperatura.....	18
7.8.2.	Oxígeno	18
7.9.	Condiciones generales de bienestar para animales acuáticos	19
7.10.	Calculo para numero de muestra	19
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1.	Descripción del lugar.....	20
4.3.	Metodología.	20
4.4.	Diseño experimental.	21
4.5.	Población y muestra.....	22
4.6.	Manejo técnico del proceso de vacunación	22
4.7.	Variables.	23
4.7.1.	Porcentaje de lesiones externas e internas:	23
4.7.2.	Porcentaje de mortalidad y sobrevivencia post-vacuna:	23
4.7.3.	Estado patológico y rendimiento productivo: Tasa de crecimiento (SGR), Ganancia de peso diaria (GPD), Factor de conversión alimenticia (FCR) post-vacunación:	24
4.7.4.	Presencia de <i>Streptococcus spp.</i>	25
4.7.5.	Parámetros fisicoquímicos.	25
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
5.1.	Porcentaje de lesiones externas e internas:	26
5.2.	Porcentaje de mortalidad y sobrevivencia post-vacuna:	27
5.3.	Rendimiento productivo: Tasa de crecimiento (SGR), Ganancia de peso diaria (GPD), Factor de conversión alimenticia (FCR) post-vacunación:	30
5.4.	Presencia de <i>Streptococcus spp.</i>	33
5.5.	Parámetros fisicoquímicos.....	34

5. CONCLUSIONES	37
6. RECOMENDACIONES	38
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS.....	43

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. ANOVA variable porcentaje de Lesiones antes y después de vacunación.	43
Anexo 2. ANOVA variable porcentaje de Mortalidad después de vacunación.	43
Anexo 3. ANOVA variable porcentaje de Supervivencia después de vacunación.	43
Anexo 4. ANOVA variable SGR (%/día) después de vacunación.	44
Anexo 5. ANOVA variable GPD (g) después de vacunación.	44
Anexo 6. ANOVA variable FCR (Kg) después de vacunación.	44
Anexo 7. ANOVA variable Oxígeno (mg/L) después de vacunación.	44
Anexo 8. ANOVA variable Temperatura (°C) después de vacunación.	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tasa de eficacia de los tipos de vacuna.	14
Tabla 2. Causas de mortalidad.	17
Tabla 3. Resultados de detección de Streptococcus sp. antes y después de la vacunación.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Porcentaje de lesiones observadas en tilapias (<i>Oreochromis</i> spp.) antes y después de la vacunación contra <i>Streptococcus</i> spp. en los tratamientos T1, T2 y testigo.	27
Figura 2. Porcentaje de mortalidad en tilapias (<i>Oreochromis</i> spp.) vacunadas contra <i>Streptococcus</i> spp.	28
Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia en tilapias (<i>Oreochromis</i> spp.) vacunadas contra <i>Streptococcus</i> spp.	29
Figura 4. Tasa de crecimiento específico (SGR, %/día) en tilapia roja, según de pesaje mensual.	31
Figura 5. Ganancia de Peso Diario (GPD, g) en tilapia roja, según de pesaje mensual.	32
Figura 6. Factor de conversión alimenticia (FCR, Kg) en tilapia roja, según pesaje mensual.	33
Figura 7. Promedio semanal de temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L).	36

Erazo Montalván, A. 2025. Efecto de la vacunación contra *Streptococcus spp.* sobre variables patológicas y productivas en tilapia roja (*Oreochromis sp.*), en el proyecto de jaulas flotantes de la Organización Módulo Comunitario, Santa Cruz de Yojoa, Cortés. Universidad Nacional de Agricultura. Tesis. Médico Veterinario. Pág. 52.

Semblanza:

Arianna Gisel Erazo Montalván, originaria de Patuca, Olancho, culminó sus estudios en Medicina Veterinaria en la Universidad Nacional de Agricultura en año 2025. Durante su formación se ha destacado en proyectos de acuicultura y sanidad animal, enfocando su tesis en la vacunación contra *Streptococcus spp.* en tilapia roja.

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la vacunación contra *Streptococcus spp.* sobre variables patológicas y productivas en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) cultivada en jaulas flotantes del Módulo Comunitario, Santa Cruz de Yojoa, Cortés, Honduras. El estudio se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar con tres tratamientos: T1 (peces vacunados de 50–59 g), T2 (peces vacunados de 30–39 g) y testigo (no vacunados hasta >60 g), con réplicas por jaula. El período experimental abarcó cuatro meses (junio–octubre 2025), registrándose variables patológicas y productivas. Se aplicó ANOVA de un solo factor y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para determinar diferencias entre tratamientos. Los resultados evidenciaron una reducción significativa del porcentaje de lesiones a los 30 días postvacunación (T1: 56%→14%; T2: 53%→13%; testigo: 32%→8%; $p = 0.024$). La detección de *Streptococcus spp.* positiva en las jaulas MC-19 y MC-32 durante la prevacunación fue negativa en todos los muestreos posteriores. En rendimiento productivo, T2 presentó valores superiores de SGR y GPD ($F = 84.59$ y 13.10 ; $p < 0.001$), mientras que el FCR mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.037$). Las tasas de mortalidad y sobrevivencia no difirieron significativamente, manteniéndose por encima del 99.9%. Los parámetros ambientales variaron entre semanas, pero se mantuvieron dentro de rangos óptimos. Se concluye que la vacunación con AQUAVAC STREP 4® fortaleció la sanidad del cultivo, redujo la presencia de *Streptococcus spp.* y mejoró el desempeño productivo, destacando mayor eficacia en peces vacunados de menor talla.

Palabras clave: vacunación; *Streptococcus spp.*; tilapia roja; parámetros; jaulas flotantes.

ABSTRACT

The effect of vaccination against *Streptococcus* spp. on pathological and productive variables in red tilapia (*Oreochromis* sp.) cultivated in floating cages at the Community Module, Santa Cruz de Yojoa, Cortés, Honduras, was evaluated. The study was conducted under a Completely Randomized Design with three treatments: T1 (vaccinated fish, 50–59 g), T2 (vaccinated fish, 30–39 g), and control (unvaccinated fish until >60 g), with cage replicates. The experimental period lasted four months (June–October 2025), during which pathological and productive variables were recorded. A one-way ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$) were applied to determine differences among treatments.

Results showed a significant reduction in lesion percentage at 30 days post-vaccination (T1: 56%→14%; T2: 53%→13%; control: 32%→8%; $p = 0.024$). Positive detection of *Streptococcus* spp. in cages MC-19 and MC-32 during the pre-vaccination phase was negative in all subsequent samplings. Regarding productive performance, T2 exhibited higher values of SGR and WG ($F = 84.59$ and 13.10 ; $p < 0.001$), while FCR showed significant differences among treatments ($p = 0.037$). Mortality and survival rates did not differ significantly, remaining above 99.9%. Environmental parameters varied weekly but stayed within optimal ranges. It is concluded that vaccination with AQUAVAC STREP 4® strengthened culture health, reduced the presence of *Streptococcus* spp., and improved productive performance, with greater efficacy observed in smaller-sized vaccinated fish.

Keywords: vaccination; *Streptococcus* spp.; red tilapia; parameters; floating cages.

I. INTRODUCCIÓN

La tilapia roja (*Oreochromis sp.*) representa una de las principales especies cultivadas en la acuicultura mundial por su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades y adaptabilidad a distintas condiciones ambientales (Urías & Maeda, 2023). En Honduras, este cultivo tiene un impacto relevante en la economía rural y la seguridad alimentaria, especialmente en sistemas de producción con jaulas flotantes en cuerpos de agua dulce (Oseguera, 2016).

Actualmente en Honduras existe un proyecto de producción de Tilapia en jaulas flotantes, administrado por una Organización Comunitaria, ubicado en el Embalse de la Represa Hidroeléctrica Francisco Morazán (El Cajón), jurisdicción del municipio de Santa Cruz de Yojoa, departamento de Cortés. Esta infraestructura hidráulica constituye uno de los principales reservorios de agua del país y se ha convertido en un sitio estratégico para el cultivo de Tilapia por sus condiciones ambientales favorables, tales como el volumen de agua, temperatura estable y disponibilidad de espacio para la instalación de jaulas flotantes.

Considerando lo anterior, se ha elaborado esta tesis presentada a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional de Agricultura, que estudia el efecto de la vacunación contra *Streptococcus spp.* sobre variables patológicas y productivas en Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en el proyecto de jaulas flotantes en Santa Cruz de Yojoa, Cortés, Honduras. La investigación se enfocó en evaluar la respuesta de peces de diferentes tamaños (30-39 g y 50-59 g) a la vacunación, con el objetivo de optimizar las prácticas sanitarias y mejorar la producción acuícola local.

El estudio se realizó en el Módulo Comunitario del Embalse de la Represa Hidroeléctrica Francisco Morazán, considerando las condiciones ambientales favorables y manejo técnico-comunitario, ideal para evaluar prácticas de vacunación en un contexto real. Además, la cercanía con zonas rurales y la accesibilidad a recursos básicos hacen de este proyecto un modelo importante para el estudio de buenas prácticas en piscicultura comunitaria.

II. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) constituye una de las actividades acuícolas de mayor relevancia en Honduras, tanto por su impacto económico y social como por su contribución a la seguridad alimentaria en comunidades rurales. Sin embargo, la presencia de enfermedades bacterianas, particularmente la estreptococosis causada por *Streptococcus spp.*, representa una de las principales limitantes para la productividad y sostenibilidad de este sector. La alta mortalidad, las lesiones patológicas y la disminución en parámetros zootécnicos derivadas de esta infección generan pérdidas significativas y obligan a implementar estrategias de control más eficaces que reduzcan la dependencia del uso de antibióticos.

En este contexto, la vacunación en peces se ha consolidado como una herramienta sanitaria de gran potencial, pero su aplicación en sistemas comunitarios de jaulas flotantes aún requiere validación científica que demuestre su efectividad bajo condiciones reales de producción. La presente investigación se enmarca en dicho debate teórico y práctico, aportando evidencia sobre el efecto de la vacuna en tilapia roja de diferentes tallas, evaluando tanto variables patológicas como productivas.

La pertinencia del estudio radica en que responde a una problemática concreta de la acuicultura hondureña, donde la estreptococosis limita el rendimiento y la competitividad de los productores. Al mismo tiempo, la investigación contribuye al conocimiento científico al demostrar que la vacunación no solo reduce la presencia de *Streptococcus spp.* y las lesiones asociadas, sino que también mejora indicadores productivos como la tasa de crecimiento específico (SGR), la ganancia de peso diario (GPD) y el factor de conversión alimenticia (FCR).

Los resultados obtenidos son de utilidad práctica inmediata para el Módulo Comunitario de Santa Cruz de Yojoa y para otros sistemas de producción similares, ya que ofrecen una alternativa viable, factible y sostenible para fortalecer la sanidad del cultivo, disminuir riesgos económicos y mejorar la eficiencia productiva. Asimismo, la evidencia generada aporta al avance de la ciencia veterinaria y acuícola, al validar la eficacia de la vacunación como estrategia preventiva en peces, contribuyendo a la reducción del uso de antimicrobianos y al cumplimiento de estándares internacionales de bioseguridad y bienestar animal.

En suma, la investigación es significativa porque aborda un problema real y prioritario, es pertinente porque responde a las necesidades del sector acuícola nacional, y es útil porque sus hallazgos pueden aplicarse directamente en la práctica productiva, consolidando la vacunación como una herramienta clave para el desarrollo sostenible de la piscicultura en Honduras.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La tilapia roja (*Oreochromis* sp.) es una especie clave en la acuicultura hondureña, especialmente en jaulas flotantes, pero enfrenta amenazas sanitarias como la infección por *Streptococcus* spp., que afectan su salud y rendimiento. Aunque la vacunación es una herramienta preventiva eficaz, factores como el peso del pez, la técnica y manejo, así como el entorno, pueden influir en sus resultados. Actualmente, se desconoce cómo responden peces de diferentes tallas a la vacuna AquaVac Strep 4, tanto en salud interna como en desempeño productivo. Esta falta de evidencia técnica limita la optimización de protocolos sanitarios. Por ello, nos planteamos la pregunta: ¿Cuáles son los efectos de la vacunación en tilapias con rango de peso de 30-39 g y 50-59 g?

IV. OBJETIVOS

4.1.General

Evaluar el efecto de la vacunación contra *Streptococcus spp.* sobre variables patológicas y productivas en tilapia roja (*Oreochromis sp.*), identificando oportunidades de mejora en el procedimiento sanitario de la Organización Módulo Comunitario, en Santa Cruz de Yojoa, Cortés.

4.2.Específicos

Identificar las lesiones externas e internas presentes en tilapias, asociadas a infecciones por *Streptococcus spp.*, durante el periodo pre y post vacunación.

Determinar el porcentaje de mortalidad y sobrevivencia post-vacuna de acuerdo con el número de peces vivos al final del ciclo respecto al número inicial vacunado.

Analizar los efectos de la vacunación sobre el estado patológico y el rendimiento productivo de las tilapias de 30-39 g y 50-59 g, mediante la medición de parámetros zootécnicos considerando indicadores de estrés.

Detectar la presencia de *Streptococcus spp.* mediante aislamiento microbiológico en muestras obtenidas antes y después de la vacunación.

Determinar los principales parámetros fisicoquímicos del agua: oxígeno disuelto y temperatura.

V. HIPÓTESIS

5.1. Hipótesis general

La vacunación en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) de 30-39 g y 50-59 g, bajo condiciones controladas y técnicas adecuadas, tiene un efecto significativo sobre los parámetros patológicos y productivos, mejorando el desempeño zootécnico y reduciendo la incidencia de *Streptococcus spp.*

5.2. Hipótesis nula

La vacunación en tilapia roja de 30-39 g y 50-59 g no produce diferencias significativas en los parámetros patológicos ni productivos, ni afecta la presencia o ausencia de *Streptococcus spp.* en los peces evaluados.

5.3. Hipótesis alternativa

La vacunación en tilapia roja de 30-39 g y 50-59 g produce diferencias significativas en los parámetros patológicos y productivos, reduciendo la presencia de *Streptococcus spp.* en los peces evaluados.

VI. ANTECEDENTES

En marzo de 2023 Aguirre M. y Quintero F. identificaron en Colombia un brote de mortalidad aguda en tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) causado por una nueva cepa de *Streptococcus agalactiae* serotipo Ia, declarado emergencia sanitaria nacional. Como medida de control, se autorizó la aplicación de una vacuna trivalente oleosa e inyectable (serotipos Ia, Ib y III) en una granja comercial de la represa Betania, Huila, con más de 225 mil peces distribuidos en grupos vacunados y control. El ensayo de campo se desarrolló durante 213 días, evaluando supervivencia, mortalidad acumulada y porcentaje relativo de supervivencia (RPS) frente a desafíos naturales de la enfermedad.

Los resultados mostraron que los peces vacunados alcanzaron una supervivencia del 89 % frente al 64 % del grupo control, con mortalidad acumulada del 11 % y 36 % respectivamente. El RPS fue de 95.41 % frente al serotipo Ib y 75.85 % frente al serotipo IaST7, confirmando la eficacia de la vacuna. Además, se verificó su seguridad, con efectos secundarios moderados (adherencias, melanosos y residuos de vacuna) sin impacto significativo en la salud de los peces. Estos hallazgos evidencian la utilidad de la vacunación como estrategia preventiva eficaz contra la estreptococosis en sistemas intensivos de producción de tilapia en Colombia.

VII. REVISIÓN DE LITERATURA

7.1.Importancia del cultivo de tilapia.

La tilapia es actualmente el segundo pez más cultivado del mundo, solo superado por la carpa, pero se prevé que pronto ocupe el primer lugar. En 2021, la producción mundial superó los 7,2 millones de toneladas, con un valor de más de 14 100 millones de dólares, y se espera que alcance los 9 millones de toneladas en 2030. Este cultivo se desarrolla en más de 150 países, utilizando diversos sistemas como estanques, jaulas, RAS, biofloc y acuaponía.

Aunque el consumo ha disminuido en EE. UU. y Europa, la producción sigue creciendo, con un aumento del 4,3 % en 2022 y 4,8 % en 2023. La demanda global proyectada aumentará un 4,6 % en la próxima década, impulsada por la búsqueda de opciones alimenticias saludables y el aumento del precio de otros mariscos. Sin embargo, el alza constante en los costos de producción y la reducción de márgenes obligan a mejorar la eficiencia del sector para mantener su competitividad (Roderick, 2025).

7.1.1. Relevancia económica y social del cultivo de tilapia en Honduras.

Según SAG-PRONAGRO (2024) el cultivo de tilapia (*Oreochromis spp.*) representa una de las actividades acuícolas más relevantes en Honduras, con aproximadamente 1,916 productores activos y una red de 907 unidades de producción distribuidas principalmente en los departamentos de Cortés, Atlántida, Colón, Olancho, Comayagua, Santa Bárbara, Copán y Yoro. Se cultivan variedades como tilapia roja, negra o gris (*O. niloticus*) y blanca (*O. aureus hornorum*), utilizando sistemas extensivos, semi-intensivos e intensivos en estanques, jaulas flotantes, tanques de geomembrana y tanques circulares.

La producción nacional artesanal alcanzó las 30 millones de libras en 2022, y aunque en 2023 se redujo a 25 millones, la tilapia sigue siendo un producto estratégico de exportación, con los filetes frescos exportados casi en su totalidad a Estados Unidos. En total, el sector genera más de 11,000 empleos directos y moviliza un volumen significativo de comercio exterior, lo que refuerza su papel en la seguridad alimentaria, el desarrollo rural y el crecimiento económico del país.

7.1.2. Características biológicas de *Oreochromis sp.* relevantes para la producción acuícola.

Oreochromis sp., conocida como Mojarra roja, es una especie de pez de agua dulce que taxonómicamente no responde a un solo nombre científico. Es un híbrido del cruce de cuatro especies de *Tilapia*: tres de ellas de origen africano y una cuarta israelí (ASOPESCA, 2018).

Ampliamente cultivada en todo el mundo por su rápido crecimiento, alta tolerancia ambiental y facilidad de reproducción. Presenta un cuerpo comprimido con escamas cicloideas y aletas bien desarrolladas, y se adapta a diversas condiciones de cultivo, desde estanques hasta sistemas intensivos. Su reproducción es estacional, con incubación bucal por parte de la hembra, y alcanza la madurez sexual tempranamente, lo que puede llevar a sobrepoblación si no se controla. Gracias a su eficiencia alimenticia y resistencia relativa a enfermedades, es una de las especies más importantes en la acuicultura global (FAO, 2009).

7.2. Enfermedades comunes en tilapia y su impacto

7.2.1. Principales patologías bacterianas: *Streptococcus agalactiae*, *Francisella spp.*, *Aeromonas spp.*

Según SAG-DIGEPESCA, (2022), *Streptococcus agalactiae* es el agente etiológico más frecuente de estreptococosis en tilapia, afectando principalmente a peces en la fase de engorde durante las épocas cálidas. Esta enfermedad se caracteriza por altas mortalidades

y signos clínicos notorios como nado errático, exoftalmia, distensión abdominal, opacidad corneal, abscesos submandibulares y hemorragias en la piel. A nivel interno, se observan signos de septicemia generalizada, como ascitis con líquido sanguinolento, inflamación de órganos internos y peritonitis. Además de su impacto sanitario, esta enfermedad causa retraso en el crecimiento y desigualdad en los lotes, lo que la convierte en una de las más perjudiciales a nivel productivo.

La franciselosis, causada por *Francisella noatunensis subsp. orientalis*, es una enfermedad emergente de alta patogenicidad, común en temperaturas de 20 a 25 °C. Puede manifestarse de forma aguda o crónica, con mortalidades que alcanzan hasta el 95%. Se caracteriza por la formación de granulomas blanco-amarillentos en órganos como el bazo, riñón y branquias, acompañados de signos inespecíficos como exoftalmia, hepatomegalia y hemorragias. Su naturaleza intracelular y presentación subclínica dificultan el diagnóstico temprano y favorecen su propagación en el sistema productivo.

Las septicemias hemorrágicas ocasionadas por *Aeromonas spp.* Principalmente *A. hydrophila* representan una amenaza constante debido a la ubicuidad de estas bacterias en el medio acuático. Se presentan con mayor frecuencia durante transiciones estacionales o bajo condiciones de estrés, como temperaturas extremas y mala calidad del agua. Clínicamente, se observan lesiones hemorrágicas externas, exoftalmia, palidez branquial y ascitis. Internamente, los peces muestran signos de enteritis, esplenomegalia y hepatomegalia. Estas infecciones evolucionan rápidamente hacia una septicemia sistémica si no se controlan adecuadamente.

7.3. Vacunación en tilapia

7.3.1. Inmunidad en peces

El sistema de defensa de los peces, al igual que en los vertebrados superiores, puede ser dividido en dos tipos de mecanismos: Sistema de Defensa innato, natural o inespecífico y Sistema Inmune adquirido o específico. El primero es el que posee todos los seres vivos desde el nacimiento, formado por componentes celulares y humorales, y el segundo

involucra la producción de anticuerpos a través de un reconocimiento específico del antígeno, y también participan elementos celulares (Olabuenaga, 2000).

El sistema inmunitario innato funciona como una barrera física, que abarca elementos como el sistema tegumentario, la piel, las escamas, la baba y las defensas químicas. Por el contrario, la inmunidad adquirida (AC) implica respuestas específicas a moléculas de antígeno, donde las células B, un subtipo de linfocitos, generan inmunoglobulinas o anticuerpos. Las células T y las células reguladoras actúan como efectores en el contexto de la inmunidad adquirida (Khunrang, 2023)

7.3.2. Tipos de vacunas disponibles

Los tipos de vacunas más utilizados en peces son las vacunas vivas, inactivadas y recombinantes (de ADN). Cada una tiene su propia metodología de desarrollo. Las vacunas vivas (atenuadas o modificadas) contienen agentes infecciosos debilitados que no causan la enfermedad clínica pero que infectan las células huésped con el fin estimular el sistema inmunológico a producir anticuerpos. Estas también pueden ser recombinantes y utilizar fragmentos de ADN de microorganismos responsables de producir o codificar proteínas inmunogénicas. Por otro lado, las vacunas inactivadas o muertas utilizan microorganismos infecciosos (enteros o fragmentados) para «engañar» al sistema inmunológico y desencadenar el proceso de protección (MSD, 2022).

7.3.3. Vías de administración

Según Wali, (2016), la vacunación oral permite la administración directa del antígeno a través del sistema digestivo del pez. Es el método más sencillo logísticamente, ya que la alimentación forma parte del ciclo de producción. El estrés de los peces es mínimo y no requiere cambios importantes en la producción

La vacunación por inmersión permite que las células inmunitarias ubicadas en la piel y las branquias del pez se expongan directamente a los antígenos. Estas células inmunitarias pueden entonces generar una respuesta, protegiendo así al pez de futuras infecciones.

La vacunación por inyección consiste en aplicar directamente una pequeña cantidad de antígeno en la cavidad corporal (intraperitoneal), lo que estimula eficazmente la respuesta inmunitaria sistémica. Este método ofrece una protección prolongada (de 6 meses a un año) y permite administrar múltiples antígenos al mismo tiempo. Aunque es altamente efectiva, especialmente contra enfermedades sistémicas, requiere anestesiarse a los peces, personal capacitado, más tiempo y recursos. Además, no es recomendable para peces menores de 10 gramos, y una mala aplicación puede causar reacciones adversas.

7.3.4. Tasas de eficacia

Tabla 1.

Tasa de eficacia de los tipos de vacuna.

Tipo de vacuna	Vía de vacunación	Tasa
Inactivado	Oral	75%
Recombinante	Oral	70-%
Vivo atenuado	Oral	82%
Inactivado	Inmersión	80%
Vivo atenuado	Inmersión	68%
Inactivado	Intraperitoneal	87%
Recombinante	Intraperitoneal	100%
Vivo atenuado	Intraperitoneal	52%

Fuente: Elaborado con base en Mohammad Ridzuan et al, 2022.

7.3.5. AQUAVAC STREP 4®

Para la inmunización activa de las especies de peces susceptibles, a fin de reducir la mortalidad y las enfermedades debidas a la estreptococosis causada por *Streptococcus agalactiae* (serotipos Ia, Ib y III) y *Streptococcus iniae* (MSD, 2025).

7.3.6. Efectos secundarios de los adyuvantes en la vacuna.

Los adyuvantes a base de aceite actualmente dominan las formulaciones utilizadas en acuicultura, ya que se implementan predominantemente en vacunas administradas por inyección intraperitoneal. Sin embargo, estas vacunas a menudo se asocian con efectos secundarios adversos, derivados principalmente de reacciones inflamatorias que se desencadenan durante la inmunización. Estas reacciones pueden exhibir diversos grados de intensidad y gravedad, y los síntomas más típicos incluyen adherencias de tejidos y órganos entre sí o a la cavidad peritoneal, formación de granulomas y decoloración en el sitio de inyección. (Tammas, Bitchava, y Gelasakis, 2024)

7.3.7. Buenas prácticas de vacunación

Según PHARMAQ, (2017), la vacunación en tilapia requiere una preparación cuidadosa para garantizar su eficacia y el bienestar de los peces. Antes de iniciar el proceso, es fundamental verificar que la vacuna haya sido almacenada correctamente entre 2 y 8 °C, revisar su apariencia, fecha de caducidad y número de lote. Los peces deben estar en buen estado de salud, con un peso mínimo de 15 gramos, y haber sido sometidos a un ayuno de 24 horas para reducir el riesgo de complicaciones durante la inyección. Además, se recomienda clasificar los peces por tamaño para facilitar una aplicación uniforme y precisa.

Durante la vacunación, se deben seguir protocolos estrictos. Se deben usar anestésicos como el MS-222, el aceite de clavo, el isoeugenol, el etomidato, el 2fenoxietanol, la quinaldina o la ketamina (Jerez, Ruiz, y Mancera, 2019), aprobados para su uso en peces destinados a consumo humano, y manipulados con cuidado para evitar estrés o lesiones. La inyección debe realizarse en la línea media entre las aletas pélvicas, con un ángulo de 90 grados y utilizando agujas adecuadas al tamaño del pez.

Es esencial mantener la vacuna homogénea, calibrar los dispositivos de inyección y cambiar las agujas cada 1,000 a 1,500 peces para evitar daños y asegurar la dosis correcta. La higiene es clave: todo el equipo debe limpiarse y desinfectarse regularmente para prevenir la transmisión de enfermedades.

La técnica adecuada de sujeción consiste en sujetar al pez con un agarre firme pero suave, utilizando guantes que aseguren un buen manejo y protejan al operador, evitando aplicar

presión excesiva que pueda causar lesiones. Se recomienda el uso de dispositivos de protección en las jeringas para prevenir accidentes como la autoinyección y garantizar una aplicación precisa. Además, es fundamental que los peces estén correctamente anestesiados para mantenerlos inmóviles durante el procedimiento, reduciendo así el estrés y el riesgo de daño.

Después de la vacunación, se debe monitorear la salud de los peces, observando su apetito, comportamiento y posibles efectos secundarios como adherencias o residuos de vacuna. La alimentación puede reanudarse al día siguiente, y se recomienda realizar controles periódicos a lo largo del ciclo productivo. Estas buenas prácticas no solo mejoran la eficacia de la vacunación, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del cultivo y a la reducción del uso de antibióticos.

7.3.8. DOLICAL ® 80%

Es un anestésico y tranquilizante utilizado en peces, especialmente en salmónidos. Su principio activo es tricaína metanosulfonato (MS-222) al 80%, y se administra por inmersión en agua (Virbac, 2025).

7.4. Mortalidad

Tabla 2.

Causas de mortalidad.

Causa	Descripción
Enfermedades	Infecciones por bacterias, virus, hongos o parásitos, asociadas a factores ambientales, manejo y alimentación.
Estrés	Causado por sobrepoblación, manipulación, mala calidad del agua, transporte y cosecha.
Mala calidad del agua	Afecta la salud y provoca mortalidad; depende de temperatura, oxígeno, pH, amoníaco, nitratos, entre otros.
Alimentación inadecuada	Dietas mal formuladas o en exceso provocan problemas digestivos y afectan el crecimiento.
Condiciones ambientales extremas	Eventos como temperaturas extremas, sequías o inundaciones deterioran el ambiente y aumentan la mortalidad.

Fuente: Elaborado con base en PESC, 2022.

7.5. Ganancia de peso

Por medio de este indicador técnico podemos calcular los gramos de peso ganados por los peces diariamente (Gonzales, 2020).

7.6. Tasa de crecimiento en peces

Es una medida de la velocidad a la que los peces están creciendo. Se calcula a partir del peso medio final y el inicial en un periodo de tiempo (SWP, 2024).

7.7. Factor de conversión alimenticia (FCR)

El factor de conversión alimenticia es un indicador que expresa la ganancia de peso de un organismo cultivado con relación al peso de alimento utilizado. En sistema de cultivo intensivo y semi-intensivos el factor puede estar entre 1:1.6, es decir, asumiendo un factor de conversión de 1.6 la tilapia debe ganar 1 kilogramo de peso por cada 1.6 kg de alimento suministrado (Gasca, 2019).

7.8. Parámetros fisicoquímicos

7.8.1. Temperatura

La temperatura óptima del agua es de 25 a 32 ° C (Emam, et al, 2025). Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, sedimentación y filtración (INTAGRI, 2024).

7.8.2. Oxígeno

Se recomienda mantener el oxígeno por encima de 5 mg/L para optimizar el bienestar, un oxígeno inadecuado (<3 mg/L) puede reducir la ingesta de alimento, retardar el crecimiento y aumentar el estrés, lo que afecta la inmunidad y la salud general (Emam, et al, 2025)

El oxígeno es esencial para la vida de los peces, ya que ayuda en la respiración, la digestión y el crecimiento. Sin suficiente oxígeno en el agua, los peces pueden experimentar dificultades respiratorias, disminución del apetito, debilidad y enfermedades. Además, los niveles bajos de oxígeno también pueden afectar la calidad del agua, lo que puede resultar en la acumulación de productos de desecho y la proliferación de bacterias y otros organismos dañinos (PESC, 2022).

7.9. Condiciones generales de bienestar para animales acuáticos

Según Quintero, (2020), el bienestar de los animales acuáticos debe ser considerado integralmente en todas las etapas de producción. La selección genética no debe enfocarse únicamente en el rendimiento productivo, sino también en la salud y el bienestar de las especies. Cuando se introducen animales en nuevos ambientes, es esencial que pasen por un proceso de adaptación al ecosistema local para evitar impactos negativos.

El agrupamiento social adecuado favorece comportamientos positivos y reduce el riesgo de lesiones o estrés crónico. Asimismo, la densidad de cultivo debe ajustarse a las necesidades específicas de cada especie y a la disponibilidad de oxígeno, garantizando así un entorno saludable para su desarrollo.

La prevención y el control de enfermedades son fundamentales y deben abordarse mediante una gestión sanitaria que incluya bioseguridad, cuarentena, vacunación y buenas prácticas de manejo. Los animales enfermos deben ser tratados o, si no es viable su recuperación, sacrificados humanitariamente. En los casos donde los procedimientos puedan causar dolor, este debe ser minimizado con los métodos disponibles.

El manejo debe promover una relación positiva entre los humanos y los animales, evitando causarles heridas, miedo o estrés innecesario. Finalmente, el personal encargado debe estar debidamente capacitado para asegurar que los animales sean tratados conforme a estas condiciones de bienestar.

7.10. Calculo para numero de muestra

Raíz cuadrada

Hay muchas teorías acerca de la determinación del número mínimo de peces a capturar en los muestreos para que esta sea representativa, el 10% de la población, el 5% de la población, la raíz cuadrada de la población, pero esto exige un manipuleo excesivo de peces en grandes poblaciones. De acuerdo a algunos reportes se ha estimado que para las diferentes etapas existe un número representativo que asegura estar muy cerca del promedio de peso (Pirarucú, 2016).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.Descripción del lugar.

La investigación se realizó en la Organización “Módulo Comunitario”, en el centro de producción de tilapias; jaulas flotantes ubicadas en el Embalse de la Represa Hidroeléctrica El Cajón, en el municipio de Santa Cruz de Yojoa, departamento de Cortés, Honduras. Las condiciones ambientales del embalse son un clima tropical, el agua del Embalse conserva una temperatura promedio de 27 °C y con una precipitación media de 1400 mm al año.

4.2. Materiales y equipo.

Los materiales y equipo que se utilizaron en la investigación y para la culminación de las otras actividades son: Vacuna (AQUAVAC STREP 4®), Equipos para toma de datos ambientales (sensor de agua multiparamétrico que verifica la temperatura y el oxígeno del agua), Instrumentos para el manejo de peces, necropsias y evaluación bacteriológica (Balanza, regla, recipientes de necropsias, pinzas y tijeras de disección, papel toalla, guantes desechables, alcohol, mechero, placa de Petri, medio de cultivo, asa bacteriológica, agua destilada, portaobjetos, colorantes para tinción, pipetas, microscopio, aceite de inmersión), Instrumentos para recolección de datos (Fichas de evaluación de campo, lápiz), Cámara y computadora, Anestésico (DOLICAL 80%, tricaína metanosulfonato MS-222 al 80%)

4.3.Metodología.

El presente estudio se realizó durante un periodo aproximado de cinco meses, entre el 2 de junio y el 15 de noviembre. Durante este tiempo se recolectaron datos sobre variables

patológicas, productivas y sanitarias en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) vacunada, mediante observaciones directas del procedimiento, necropsias, monitoreo continuo y análisis bacteriológico. Se evaluó indicadores como lesiones externas, adherencias internas, mortalidad post-vacunal, ganancia de peso diaria, tasa de crecimiento y sobrevivencia. Adicionalmente, se realizaron aislamientos bacterianos en órganos internos antes y después de la vacunación, con el fin de identificar la presencia de *Streptococcus spp.* mediante cultivo microbiológico y tinción de Gram.

4.4.Diseño experimental.

El estudio se realizó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), con análisis estadístico mediante el programa estadístico Minitab, y contó con dos tratamientos principales según el tamaño de los peces al momento de la vacunación:

T1: Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con un peso promedio entre 30 g – 39 g.

T2: Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con un peso promedio entre 50 g – 59 g.

TESTIGO: Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) con un peso promedio mayor a 60 g.

Cada tratamiento se replicó tres veces, para un total de seis unidades experimentales, cada una representada por una jaula con aproximadamente 45,000 peces. Se incluyó una jaula control, en la cual no se aplicó la vacuna hasta que alcanzó un peso mayor a 60 g, con el fin de evaluar su respuesta sin la intervención vacunal temprana., lo que permitió establecer comparaciones entre peces vacunados y no vacunados durante el tiempo que mantuvo el rango de peso de estudio. Este diseño permitió comparar la respuesta patológica y productiva de los peces vacunados en función de su talla.

Además, se realizaron pruebas de bacteriología para detectar la presencia o ausencia de *Streptococcus spp.* antes y después de la vacunación, mediante aislamiento microbiológico en órganos internos como bazo, riñón, hígado y cerebro. Se registraron las condiciones ambientales para ver una posible alteración que pudo afectar los resultados de cada jaula durante el ensayo y se utilizó un muestreo estadístico ($\sqrt{N}$) para seleccionar los peces a evaluar dentro de cada unidad.

4.5.Población y muestra.

- Población: Tilapias (*Oreochromis sp.*) en fase de preengorde y engorde, cultivadas en jaulas flotantes con densidades aprox. de 45,000 peces por jaula.
- Muestra: Se seleccionó una muestra representativa por unidad experimental, calculada con base en la raíz cuadrada de la población por jaula ($\sqrt{45,000} \approx 212$ peces). Se muestrearon un total de 1,484 peces (212×7 unidades experimentales), distribuidos equitativamente entre los tratamientos y repeticiones (Pirarucú, 2016).

4.6.Manejo técnico del proceso de vacunación

Se debe verificar que la vacuna AQUAVAC STREP 4 haya sido almacenada entre 2 y 8 °C, que conserve una apariencia normal, tenga fecha de caducidad vigente y número de lote legible. La jaula origen debe tener una mortalidad reciente menor a 100 peces, los peces deben estar en condiciones sanitarias óptimas, y habrán sido sometidos a un ayuno de 24 horas.

Durante la vacunación, se utilizó DOLICAL 80% como agente anestésico, utilizando una dosis estándar de 15 gramos por cada 55 litros de agua, ajustada según el tamaño de los peces. En el procedimiento, una canasta con peces que suman un peso máximo total de aproximadamente 8 kg se sumerge en la solución diluida durante un tiempo aprox. de 50 segundos, logrando un efecto anestésico leve que permite su manipulación sin generar estrés excesivo.

Posteriormente, los peces son trasladados a la mesa de vacunación, donde reciben la dosis correspondiente. El tiempo estimado en mesa es de aprox. 1 min; y el tiempo de recuperación tras el procedimiento es de menos de 40 segundos aprox., lo cual permite un retorno eficiente al sistema de cultivo a fin de reducir el estrés y facilitar el manejo.

La aplicación de la vacuna se realizó con agujas adecuadas (3mm-5mm) para el tamaño del pez, inyectando 0.1 ml en la línea media entre las aletas pélvicas, con un ángulo de 90°. Los dispositivos son calibrados previamente y las agujas se cambian cada que pierden el filo y comiencen a causar hemorragia en los peces. Todo el equipo es desinfectado regularmente para prevenir una contaminación cruzada. Los peces son sujetados con guantes de hilo, aplicando un agarre firme pero suave. Se utilizan protectores de jeringas para evitar accidentes por autoinyección y mejorar la precisión.

La mesa de trabajo tiene dos canales con agua fluyendo constantemente por donde son trasladados los peces a la jaula receptora una vez vacunados. Finalizada la vacunación, se monitorea la salud de los peces observando apetito, comportamiento y posibles efectos adversos. La alimentación se reanuda al día siguiente y se llevan a cabo controles periódicos durante el ciclo productivo. Estas prácticas garantizan una mejor respuesta inmunitaria y reducen el uso innecesario de antibióticos.

4.7. Variables.

4.7.1. Porcentaje de lesiones externas e internas:

Fórmula:

$$Lesiones (\%): \left(\frac{\text{Número de peces con lesión}}{\text{Número total de peces evaluados}} \right) \times 100$$

4.7.2. Porcentaje de mortalidad y sobrevivencia post-vacuna:

Mortalidad:

Formula:

$$Mortalidad (\%): \left(\frac{N^{\circ} \text{ de peces muertos post vacunación}}{N^{\circ} \text{ total de peces vacunados}} \right) \times 100$$

Sobrevivencia:

Formula:

$$\text{Sobrevivencia (\%)}: \left(\frac{\text{Número de peces vivos}}{\text{Número de peces iniciales}} \right) \times 100$$

4.7.3. Estado patológico y rendimiento productivo: Tasa de crecimiento (SGR), Ganancia de peso diaria (GPD), Factor de conversión alimenticia (FCR) post-vacunación:

SGR:

Formula:

$$\text{SGR \%}/\text{día}: \left(\frac{\ln W_f - \ln W_i}{t} \right) \times 100$$

Donde:

- W_f = peso final promedio de los peces (g)
- W_i = peso inicial promedio de los peces (g)
- t = tiempo del período de cultivo (en días)
- $\ln$ = logaritmo natural

GPD:

Fórmula:

$$\text{GPD}: \frac{\text{Peso promedio final} - \text{peso promedio inicial}}{\text{Días transcurridos}}$$

FCR:

Formula:

$$FCR = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Biomasa actual}}$$

4.7.4. Presencia de *Streptococcus spp.*

Para detectar la presencia de *Streptococcus spp*, se seleccionaron ejemplares en las etapas pre y post vacunación. Los peces fueron sacrificados y sometidos a necropsia aséptica para obtener muestras de órganos como bazo, riñón anterior, hígado y cerebro. Estas muestras fueron sembradas en medios de cultivo selectivos, como agar sangre, e incubadas a temperaturas entre 30 y 37 °C durante 24 horas.

Posteriormente, se inspeccionó el crecimiento bacteriano y se seleccionaron colonias representativas para realizar una tinción de Gram. Las preparaciones son examinadas al microscopio óptico con objetivo de inmersión (100x), y la presencia de cocos Gram positivos dispuestos en cadenas cortas o largas confirman la presencia de *Streptococcus spp*. Este análisis microbiológico permite establecer comparaciones entre grupos experimentales según el peso del pez y el momento de muestreo.

4.7.5. Parámetros fisicoquímicos.

La medición de los parámetros fisicoquímicos del agua, específicamente oxígeno disuelto y temperatura, se realizó en el embalse utilizando un oxímetro multiparamétrico portátil. El equipo se calibró previamente y se sumergió a diferentes profundidades representativas de la zona de cultivo para registrar los valores en sitio.

El monitoreo de estos parámetros es fundamental para evaluar la calidad del agua y las condiciones de bienestar de los peces. El oxígeno disuelto es esencial para la respiración y metabolismo; niveles bajos (<3 mg/L) pueden causar estrés, disminución del crecimiento y mortalidad. La temperatura, por su parte, influye en la solubilidad del oxígeno y en la actividad metabólica de los organismos; temperaturas extremas fuera del rango óptimo (26–30 °C) pueden alterar el apetito, el crecimiento y la eficiencia del sistema inmunológico.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Porcentaje de lesiones externas e internas:

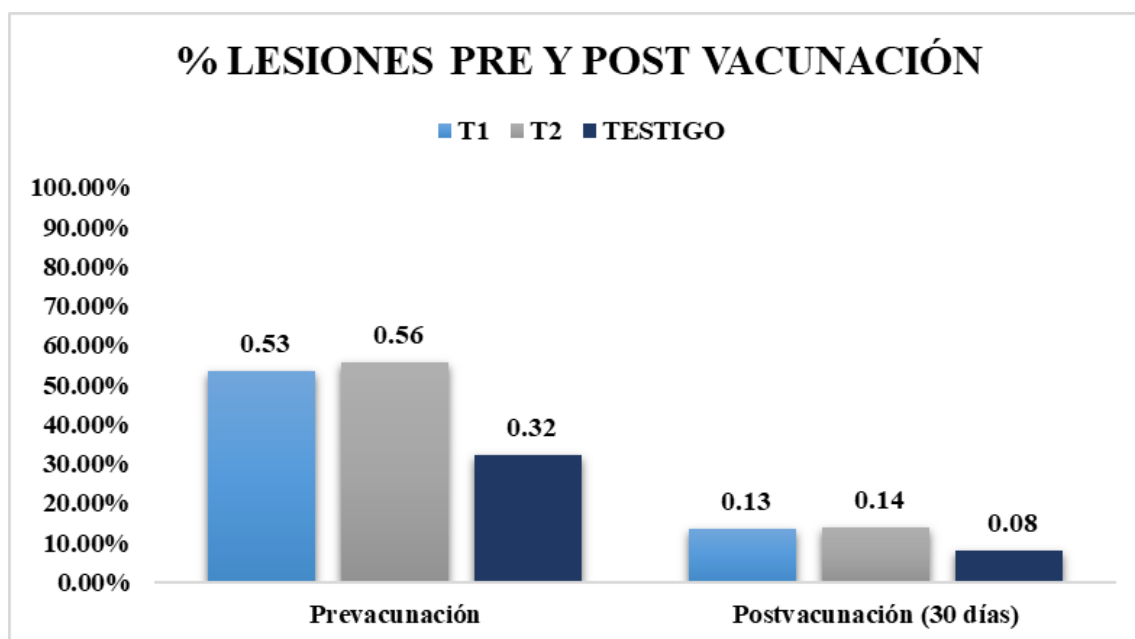
Se observaron los peces en busca de signos externos compatibles con daño pre y post vacunación o estrés, incluyendo: poca mucosidad, úlceras en piel, exoftalmia, endoftalmia, necrosis en aletas, hemorragias en aletas, hematomas, descamación, palidez de la piel, deformidades (lordosis, escoliosis), opacidad o úlcera corneal, pústulas dérmicas y palidez branquial.

Con los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos evaluados: T1, T2, y TESTIGO, bajo un nivel de significancia de 0.05. El análisis arrojó un valor F de 3.93 y un valor p de 0.024, lo que permite rechazar la hipótesis nula que plantea igualdad entre todas las medias (ver Anexo 1).

Al examinar los valores promedio, antes de la vacuna, se observa que los grupos T2 (56%), T1 (53%) y TESTIGO (32%) presentan porcentajes de lesiones considerablemente mayores en comparación con los grupos posteriores a la vacunación: T2 (14%), T1 (13%) y TESTIGO (8%).

Estos resultados muestran que la incidencia de lesiones disminuyó significativamente después del proceso de vacunación, lo que sugiere un efecto positivo de la intervención sobre la condición sanitaria de los peces. De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey), se observaron diferencias marcadas entre los grupos pre y post-vacuna, confirmando que los tratamientos posteriores presentaron una reducción significativa en el porcentaje de lesiones (ver Figura 3).

Figura 1. Porcentaje de lesiones observadas en tilapias (*Oreochromis spp.*) antes y después de la vacunación contra *Streptococcus spp.* en los



5.2. Porcentaje de mortalidad y sobrevivencia post-vacuna:

Mortalidad:

Se registró la mortalidad ocurrida durante los días posteriores a la vacunación con el fin de comparar la eficacia inicial de los tratamientos y la evolución de las respuestas adversas.

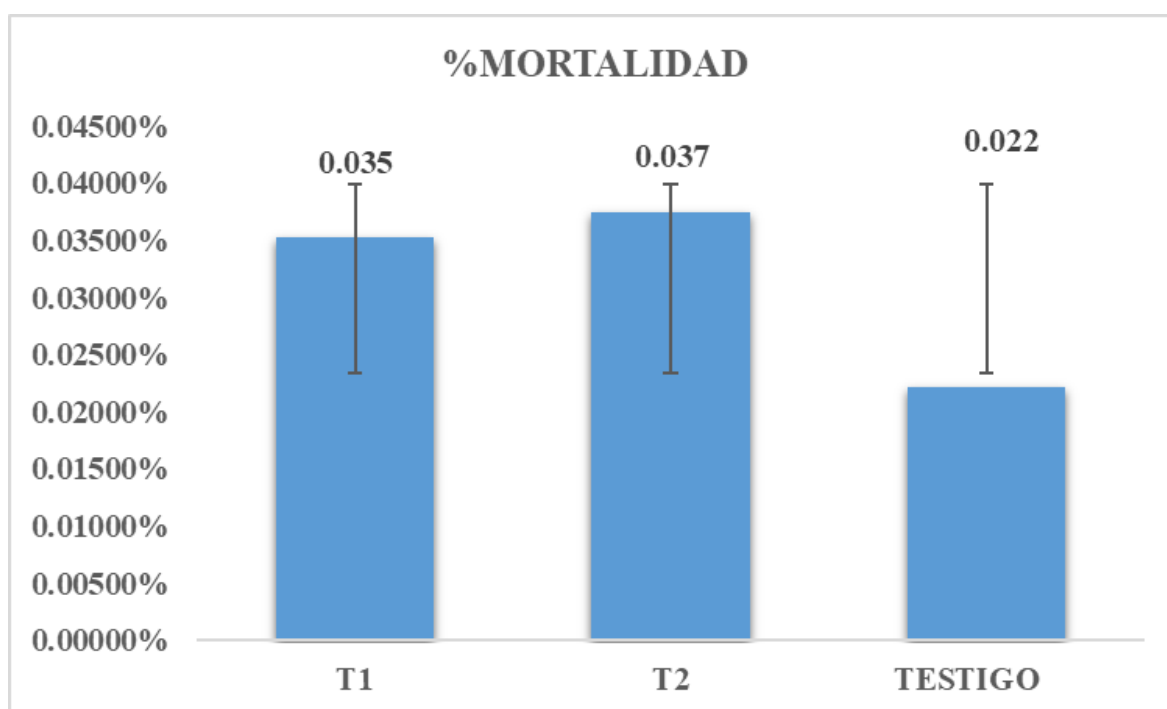
De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos (T1, T2 y Testigo) para la variable mortalidad semanal, bajo un nivel de significancia de 0.05. El valor de F obtenido fue de 0.96 y el valor de p fue de 0.390, lo cual indica que no existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, es decir, las medias de mortalidad no difieren de manera significativa entre los tratamientos (ver Anexo 2).

Con el fin de confirmar estos resultados, se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey), la cual mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los promedios de los tres tratamientos evaluados.

Los promedios observados de porcentaje de mortalidad semanal fueron de 0.037% para T2, 0.035% para T1 y 0.022% para el Testigo, valores que, aunque presentan ligeras variaciones numéricas, no representan diferencias reales desde el punto de vista estadístico.

Estos resultados sugieren que los tratamientos evaluados presentaron un comportamiento similar respecto al porcentaje de mortalidad, indicando que no hubo un efecto significativo atribuible al tipo de tratamiento aplicado (ver Figura 4).

Figura 2. Porcentaje de mortalidad en tilapias (*Oreochromis spp.*) vacunadas contra *Streptococcus spp.*



Sobrevivencia:

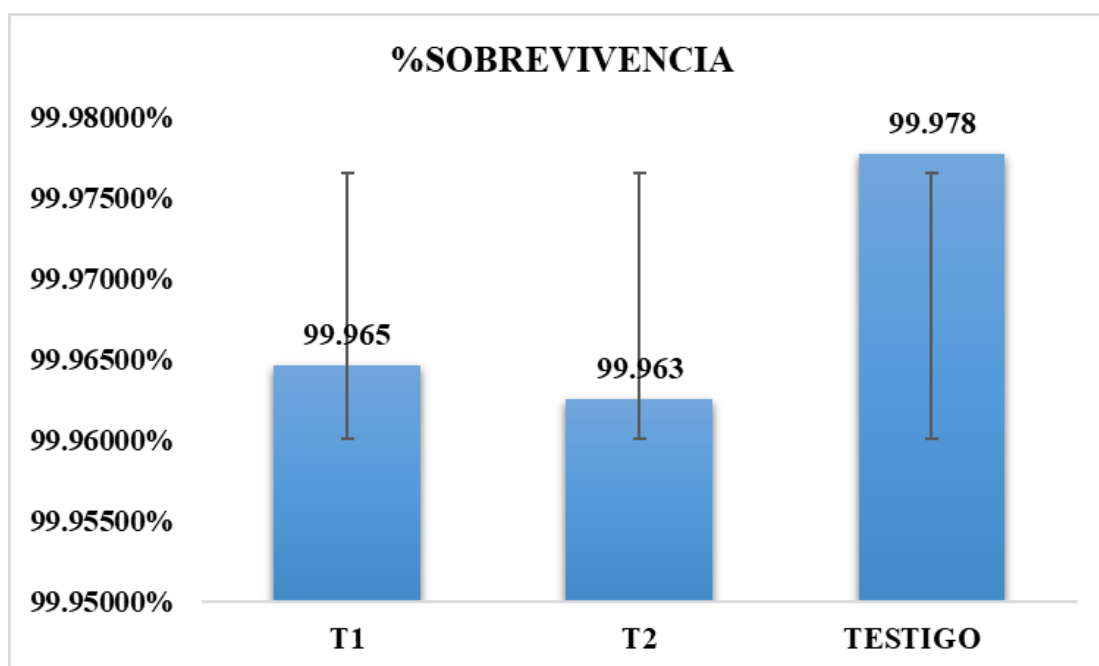
Se calculó la relación entre el número de peces vivos al final del ciclo respecto al número inicial vacunado. Esta variable mostró cuál tratamiento fue más exitoso en mantener la población.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de los tratamientos (T1, T2 y Testigo) para la variable porcentaje de sobrevivencia semanal, bajo un nivel de significancia de 0.05. El valor de p fue de 0.389, mayor al nivel de significancia establecido, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, indicando que las medias de sobrevivencia no difieren de manera estadísticamente significativa entre los tratamientos (ver Anexo 3).

Al comparar las medias obtenidas, se observó que los tratamientos presentaron valores muy similares, con 99.963% para T2, 99.965% para T1 y 99.978% para el Testigo. Además, los intervalos de confianza al 95% se superponen entre sí, lo que refuerza la conclusión de que no existen diferencias reales entre las medias.

Estos resultados sugieren que los tres tratamientos mantuvieron un comportamiento homogéneo en cuanto a la sobrevivencia semanal, sin evidenciar efectos diferenciales atribuibles a los tratamientos aplicados (ver Figura 5).

Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia en tilapias (*Oreochromis spp.*) vacunadas contra *Streptococcus spp.*



5.3. Rendimiento productivo: Tasa de crecimiento (SGR), Ganancia de peso diaria (GPD), Factor de conversión alimenticia (FCR) post-vacunación:

SGR:

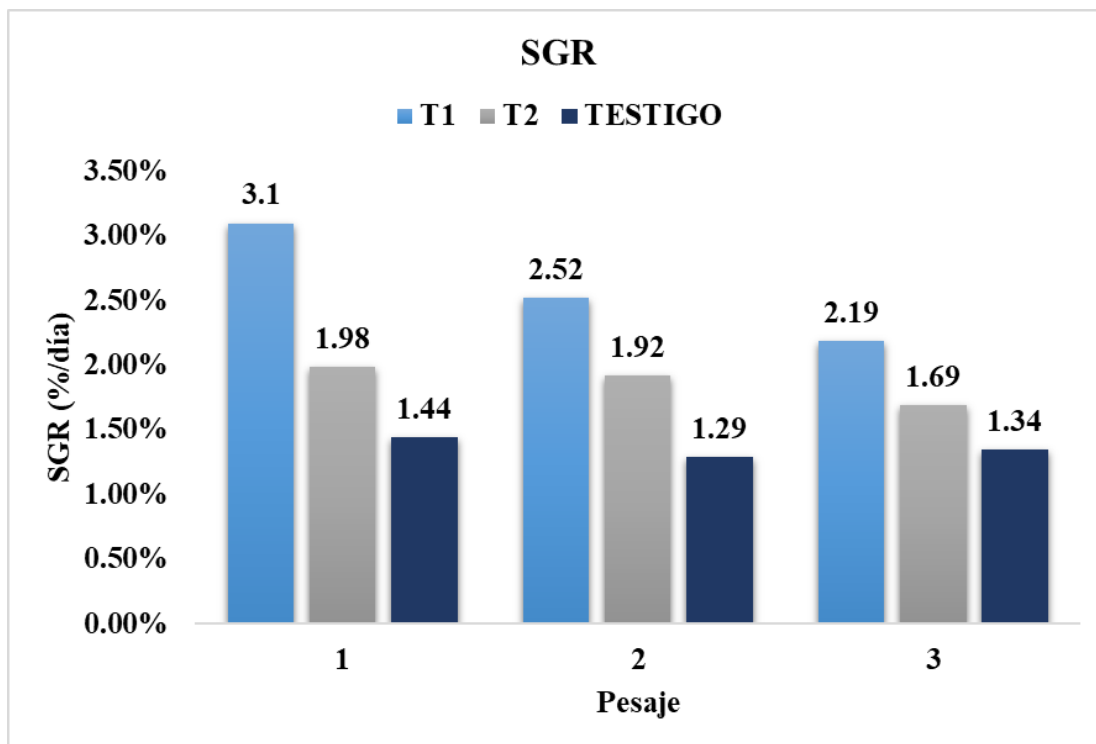
El SGR permitió analizar cuál tratamiento promueve un mayor crecimiento del pez, considerando el incremento de peso por unidad de tiempo desde el inicio hasta el cierre del ciclo.

Con los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, se determinó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tres grupos evaluados: T1, T2 y TESTIGO, bajo un nivel de significancia de 0.05, asumiendo homogeneidad de varianzas. El análisis arrojó un valor F de 84.59 y un valor p menor a 0.001, lo que indica evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula que establece que todas las medias son iguales (ver Anexo 4).

Al analizar los promedios, se observa que el grupo T1 presentó los valores más altos de SGR (3.10%, 2.52% y 2.19%), lo que indica un mejor desempeño en crecimiento. En contraste, el grupo TESTIGO mostró los valores más bajos (1.44%, 1.34% y 1.29%), mientras que T2 se ubicó en un rango intermedio entre ambos (1.98%, 1.92%, 1.69%).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey), las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas, evidenciando que el grupo T1 obtuvo un crecimiento específico significativamente superior al de los demás grupos. Estos resultados sugieren un efecto positivo del tratamiento aplicado en T1 sobre la tasa de crecimiento de los peces (ver Figura 6).

Figura 4. Tasa de crecimiento específico (SGR, %/día) en tilapia roja, según de pesaje mensual.



GPD:

El GPD indicó cuál grupo tratado presenta un mejor desempeño en cuanto a velocidad de ganancia de peso, evaluando el promedio de gramos ganados por pez al día.

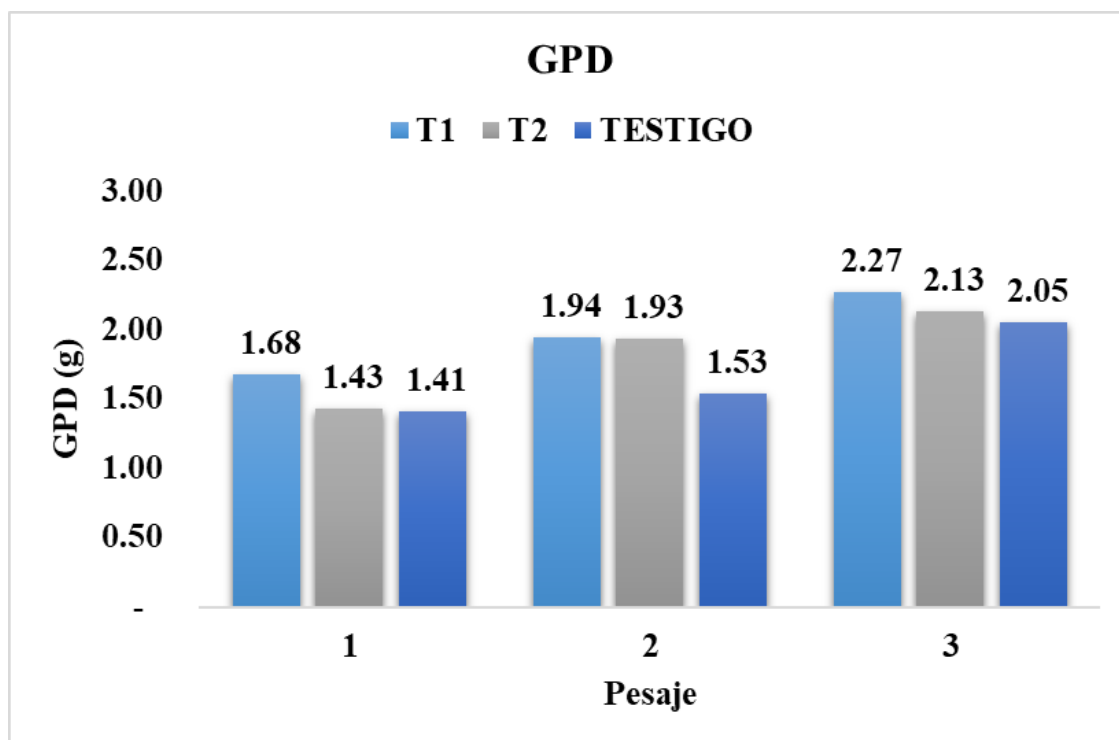
El análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor se aplicó para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los grupos T1, T2 y TESTIGO, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Los resultados del ANOVA evidenciaron diferencias significativas entre los grupos, ya que se obtuvo un valor F de 13.10 y un valor p menor a 0.001, lo que permite rechazar la hipótesis nula que establece que todas las medias son iguales (ver Anexo 5).

Al analizar las medias obtenidas, se observa que los valores de GPD variaron entre 1.41 y 2.27 g/día, siendo los mayores promedios registrados en T1 peso 3 (2.27 g/día), seguido de T2 peso 3 (2.13 g/día) y TESTIGO peso 3 (2.05 g/día). En contraste, los valores más bajos se presentaron en TESTIGO peso 1 (1.41 g/día), T2 peso 1 (1.43 g/día) y TESTIGO peso 2 (1.53 g/día).

De acuerdo con la prueba de comparación de medias (Tukey), las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas, indicando que los grupos con mayor peso mostraron un mejor desempeño productivo en cuanto a ganancia diaria. Esto sugiere que el crecimiento de los peces está influenciado por el tratamiento y el peso inicial, siendo T1 el grupo con el rendimiento más favorable (ver Figura 7).

Figura 5. *Ganancia de Peso Diario (GPD, g) en tilapia roja, según de pesaje mensual.*



FCR:

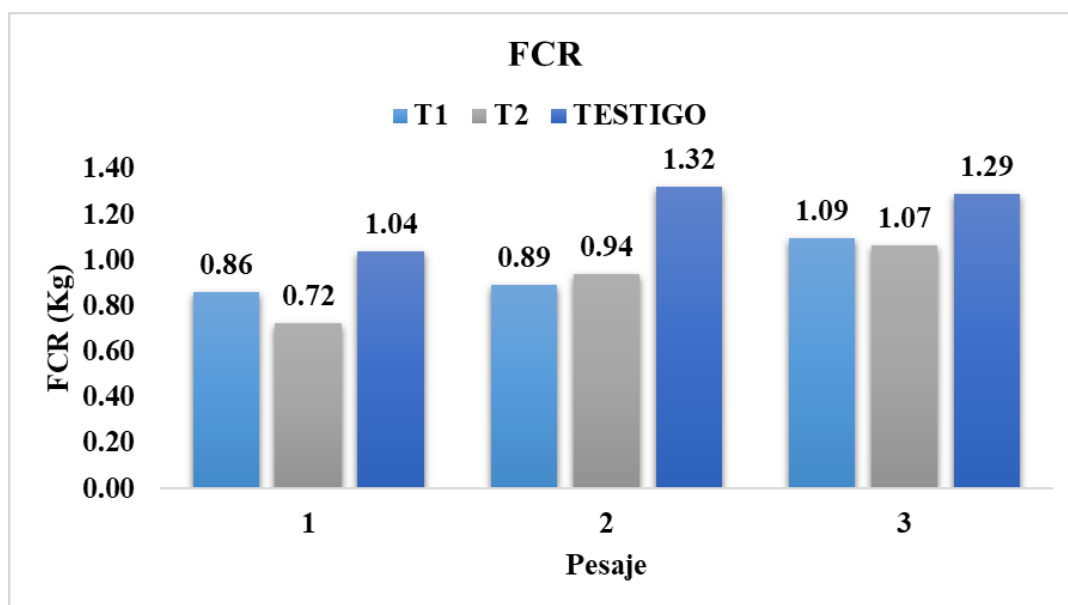
Se calculó el FCR para conocer la eficiencia con la que el pez convierte el alimento en biomasa. Permitió comparar la efectividad de cada tratamiento desde el punto de vista nutricional y económico.

El resultado del análisis indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados, ya que el valor p obtenido fue 0.037, inferior al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$). Esto permite rechazar la hipótesis nula y concluir que al menos una de las medias difiere de las demás (ver Anexo 6).

Al observar las medias, para el pesaje #1 se aprecia que los valores de FCR oscilaron entre el grupo T2 presentó la mejor eficiencia alimenticia (0.72 Kg); mientras que para el pesaje #2 el grupo TESTIGO registró el valor más alto (1.32 Kg). Asimismo, para los grupos TESTIGO pesaje 2, TESTIGO pesaje 3, T1 pesaje 3, T2 pesaje 3 y TESTIGO pesaje 1 mostraron medias relativamente más elevadas, lo que sugiere una mayor cantidad de alimento requerido por unidad de peso ganado.

La prueba de comparación de medias (Tukey) confirmó que las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas, evidenciando variabilidad en la eficiencia alimenticia entre grupos. En general, los resultados indican que los tratamientos con menor FCR (especialmente T2) reflejaron una mejor conversión del alimento en biomasa, lo que representa un desempeño productivo más eficiente (ver Figura 8).

Figura 6. Factor de conversión alimenticia (FCR, Kg) en tilapia roja, según pesaje mensual.



5.4. Presencia de *Streptococcus* spp.

En la evaluación microbiológica realizada antes de la vacunación, se detectó la presencia de *Streptococcus* spp. en dos de las jaulas evaluadas: MC-19 correspondiente al Tratamiento 2 y MC-32 del Tratamiento 1, mientras que las demás jaulas presentaron

resultados negativos. Estos hallazgos indican que, previo a la aplicación de la vacuna, existía una baja incidencia del patógeno en el lote de estudio, lo cual es común en sistemas de cultivo intensivo donde los peces se encuentran expuestos a variaciones ambientales o a situaciones de estrés que pueden favorecer la aparición de infecciones bacterianas.

Posteriormente, en el muestreo postvacunación, todas las jaulas de los tres tratamientos (T1, T2 y testigo) resultaron negativas a la presencia de *Streptococcus spp.* Este resultado evidencia una reducción total en la detección del patógeno tras la aplicación de la vacuna, lo que sugiere una respuesta inmunitaria de los peces vacunados, así como un posible efecto indirecto de protección general en el sistema de cultivo.

En términos generales, la comparación entre los muestreos previos y posteriores indica que la vacunación tuvo un impacto positivo, al contribuir a la prevención de infecciones activas de *Streptococcus spp.* en el sistema de jaulas flotantes del Módulo Comunitario.

Tabla 3. Resultados de detección de *Streptococcus sp.* antes y después de la vacunación.

PRE VACUNA			POST VACUNA		
Tratamiento	Jaula	Resultado	Tratamiento	Jaula	Resultado
T1	Mc-33	Negativo	T1	Mc-33	Negativo
	Mc-18	Negativo		Mc-18	Negativo
	Mc-32	Positivo		Mc-32	Negativo
T2	Mc-31	Negativo	T2	Mc-31	Negativo
	Mc-19	Positivo		Mc-19	Negativo
	Mc-28	Negativo		Mc-28	Negativo
Testigo	Mc-34	Negativo	Testigo	Mc-34	Negativo

5.5. Parámetros fisicoquímicos.

Oxígeno:

Con el objetivo de determinar si existían diferencias significativas en las concentraciones promedio de oxígeno disuelto a lo largo de las 16 semanas de muestreo, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, bajo un nivel de significancia de 0.05.

El análisis reveló diferencias estadísticamente significativas entre las medias semanales, con un valor F de 7.66 y un valor p menor a 0.001, lo que indica evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula que establece que todas las medias son iguales (ver Anexo 7).

Al examinar los resultados, se observa que las concentraciones de oxígeno disuelto variaron entre 6.348 y 7.717 mg/L. Las semanas S9 (7.717 mg/L), S11 (7.570 mg/L) y S10 (7.436 mg/L) presentaron los valores más altos, mientras que las semanas S16 (6.348 mg/L), S15 (6.468 mg/L) y S1 (6.477 mg/L) registraron los valores más bajos.

Esta variabilidad indica fluctuaciones naturales en los niveles de oxígeno disuelto durante el período experimental, posiblemente asociadas a cambios en la temperatura, densidad de biomasa o actividad fotosintética, factores que influyen directamente en la oxigenación del agua. En conjunto, los resultados confirman que las condiciones ambientales no fueron constantes, aunque se mantuvieron dentro de rangos adecuados para el cultivo de tilapia (ver Figura 10).

Temperatura:

Con el objetivo de determinar si existían diferencias significativas en la temperatura promedio del agua a lo largo de las 16 semanas de muestreo, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, considerando un nivel de significancia de 0.05.

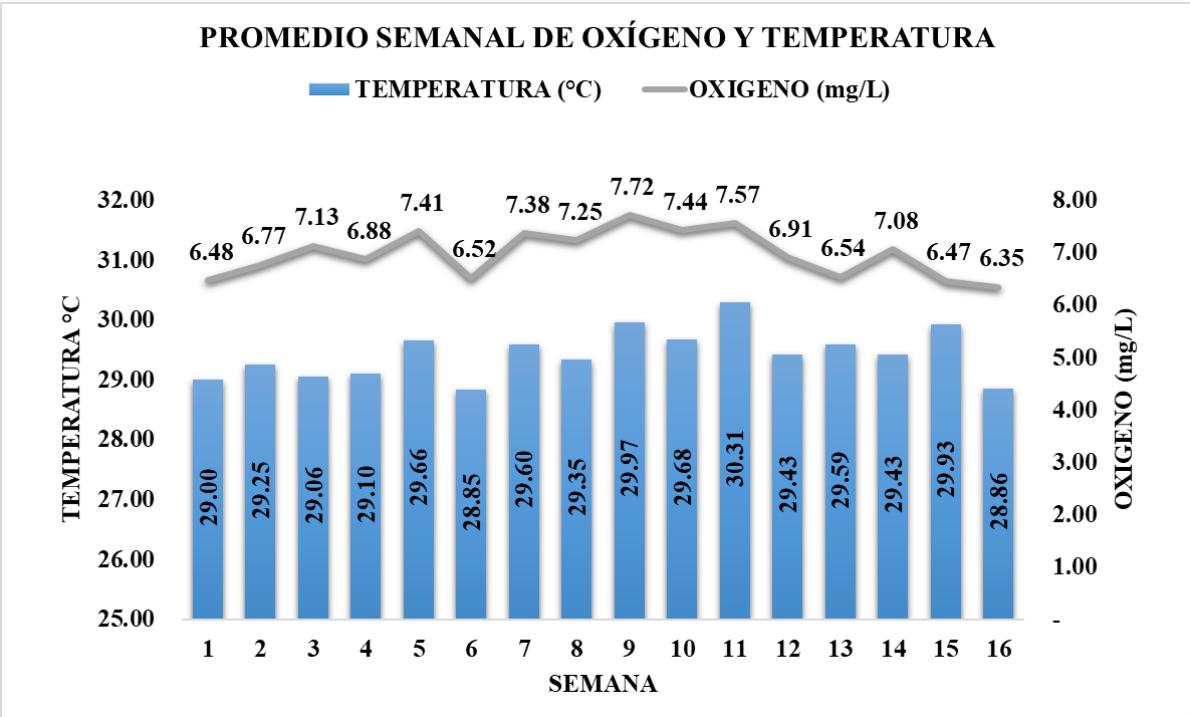
El resultado del análisis indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las medias semanales, dado que el valor p fue menor a 0.001, lo cual permite rechazar la hipótesis nula que establece que todas las medias son iguales (ver Anexo 8).

Al analizar los valores promedio, se observó que la temperatura osciló entre 28.84 °C (Semana 6) y 30.30 °C (Semana 11). Estas variaciones reflejan fluctuaciones naturales en la temperatura del agua durante el período de estudio, posiblemente asociadas a condiciones climáticas, radiación solar y profundidad de las jaulas.

En general, aunque las diferencias entre semanas fueron estadísticamente significativas, todas las temperaturas se mantuvieron dentro del rango óptimo (25–32 °C) para el cultivo

de tilapia, lo que indica que las condiciones ambientales fueron adecuadas para el crecimiento y bienestar de los peces (ver Figura 10).

Figura 7. Promedio semanal de temperatura (°C) y oxígeno disuelto (mg/L).



5. CONCLUSIONES

La vacunación contra *Streptococcus spp.* produjo una reducción del porcentaje de lesiones externas e internas a 30 días postvacunación, evidenciando un efecto positivo sobre las variables patológicas evaluadas.

No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en relación con las tasas de mortalidad y supervivencia, lo que sugiere que las condiciones experimentales mantuvieron un efecto homogéneo en estos parámetros.

Desde el punto de vista productivo, los peces vacunados de menor talla (T1: 30–39 g) mostraron un mejor desempeño en tasa de crecimiento específico (SGR) y ganancia de peso diaria (GPD) respecto a T2 y Testigo, indicando que la respuesta productiva fue dependiente de la talla al momento de la vacunación. Las variaciones registradas en el Factor de Conversión Alimenticia (FCR) reflejan la necesidad de profundizar en estrategias de manejo nutricional, dado que este indicador constituye un elemento crítico para la evaluación de la eficiencia productiva en sistemas acuícolas.

Tras la intervención vacunal desaparecieron las detecciones de *Streptococcus spp.* por aislamiento microbiológico en las jaulas que resultaron positivas en el muestreo pre-vacuna, lo que sugiere una reducción de la carga bacteriana detectable en el periodo analizado.

Las fluctuaciones decrecientes de oxígeno observadas en las semanas finales del ensayo ponen de manifiesto la importancia de fortalecer el control ambiental. Dicho aspecto resulta esencial para garantizar la estabilidad fisiológica de los organismos y, en consecuencia, mejorar la sanidad y la eficiencia productiva

6. RECOMENDACIONES

Realizar pruebas adicionales en otra época del año para evaluar la eficacia vacunal bajo diferentes condiciones ambientales y de productividad, y así determinar variación estacional en la respuesta inmune y desempeño productivo.

Capacitar al personal para detección de lesiones y ampliar la vigilancia microbiológica, aumentar la frecuencia de muestreo para detectar portadores subclínicos y confirmar la eliminación del patógeno.

Mejorar el manejo operacional: estandarizar procedimientos de acarreo y manipulación de jaulas, optimizar protocolos de captura y sujeción de peces, y capacitar al personal en técnicas de manejo para reducir estrés, lesiones y variabilidad operatoria durante la vacunación.

Modernizar y tecnificar las instalaciones para mejorar la calidad del manejo, la bioseguridad y la eficiencia operativa

Diseñar planes de manejo ambiental que incluyan aireación suplementaria y control de densidad de siembra.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Alfatat, A., Amoah, K., Cai, J., Huang, Y., Fachri, M., & Lauden, H. (2025). *Sustainable aquaculture and sea ranching with the use of vaccines: a review*. Obtenido de forntiers: <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2024.1526425/full#b2>

Aguirre Mario, F. Q. (2024). *Evaluación de la eficacia de una vacuna comercial para la protección de Oreochromis niloticus contra estreptococosis causada por Streptococcus agalactiae serotipo Ia y Ib, cultivada en jaulas en el embalse de Betania, Neiva Colombia*. Obtenido de World Aquaculture Society.: <https://www.was.org/meeting/program/paperdetail/164161>

ASOPESCA. (2018). *Características de la tilapia roja (oreochromis sp)*. Obtenido de asopesca: <https://asopespa.org/2018/04/25/caracteristicas-de-la-tilapia-roja-oreochromis-sp/>

Emam, W., Lambert, H., & Brown, C. (2025). *El bienestar de la tilapia del nilo de cultivo: una revisión*. Obtenido de frontiers: <https://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2025.1567984/full#b42>

FAO. (2009). *Oreochromis niloticus* . Obtenido de fao.org: https://www.fao.org/fishery/docs/document/aquaculture/culturedspecies/file/es/es_niletilapia.htm

Gasca, D. (2019). *Factor de conversión alimentaria y su aplicación en la acuicultura*. Obtenido de nutrinews: <https://www.hannacolombia.com/aqua/blog/item/factor-de-conversion-alimentaria-y-su-aplicacion-en-la-acuicultura?Srsltid=afmboowagab8trsk51q2k7bt3lmokffdg-l2ssxu8niofewsh-xjj>

Gónzales, F. (2020). *Guia-de-contenido-forochat-indicadores-de-producción*. Obtenido de [www.pisciculturaglobal.com: https://www.pisciculturaglobal.com/wp-content/uploads/2020/10/guia-de-contenido-forochat-indicadores-de-produccion.pdf](https://www.pisciculturaglobal.com/wp-content/uploads/2020/10/guia-de-contenido-forochat-indicadores-de-produccion.pdf)

González, F. (2022). *Enfermedades infecciosas relevantes en el cultivo de tilapia en américa latina*. Obtenido de [pisciculturaglobal.com: https://www.pisciculturaglobal.com/enfermedades-de-tilapia/](https://www.pisciculturaglobal.com/enfermedades-de-tilapia/)

INTAGRI. (2024). *Requerimientos del cultivo de tilapia: calidad del agua*. Obtenido de [www.intagri.com: https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-del-cultivo-de-tilapia#:~:text=el%20rango%20%b3ptimo%20es%20de,los%20peces%20consumen%20m%3a1s%20ox%3adgeno](https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-del-cultivo-de-tilapia#:~:text=el%20rango%20%b3ptimo%20es%20de,los%20peces%20consumen%20m%3a1s%20ox%3adgeno).

Jerez, I., Ruiz, I., & Mancera, J. (2019). *Bienestar animal en la acuicultura de peces: atenuación del estrés a través de la dieta y mediante el empleo de anestésicos durante el transporte*.

Khunrang, T. (2023). *Correlación de la concentración de streptococcus agalactiae en el sistema inmunológico y la dosis efectiva de vacuna inactivada para la tilapia del nilo (oreochromis niloticus) de la cepa chitralada 3 en tailandia*. Obtenido de [bmcvetres.biomedcentral.com: https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-023-03835-6#citeas](https://bmcvetres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12917-023-03835-6#citeas)

Mohammad Ridzuan , M. S., Abdullah, A., Ramly, R., Mansor, N., Ramli, N., & Nawi, M. (2022). *Estado actual y avances de las vacunas para peces en malasia*. Obtenido de pubmed central: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/pmc8980389/>

MSD. (2022). *Los tipos de vacunas para peces y cómo aplicarlas*. Obtenido de [www.universodelasaludanimal.com: https://www.universodelasaludanimal.com/acuicultura/los-tipos-de-vacunas-para-peces-y-como-aplicarlas/](https://www.universodelasaludanimal.com/acuicultura/los-tipos-de-vacunas-para-peces-y-como-aplicarlas/)

MSD. (2025). *Aquavac strep 4®*. Obtenido de msd salud animal : <https://www.msd-salud-animal.com.pa/product/aquavac-strep-4/>

Olabuenaga, S. E. (2000). *Sistema inmune en peces*. Obtenido de scielo: [https://www.scielo.cl/scielo.php?Pid=s0717-](https://www.scielo.cl/scielo.php?Pid=s0717-65382000000200010&script=sci_arttext#:~:text=el%20sistema%20de%20defensa%20de%20los%20peces%2c,inespec%3%adfico%20y%20sistema%20inmune%20adquirido%20o%20espec%3%adfico.&text=el%20epitelio%20intacto%20y%20su%20s)

[65382000000200010&script=sci_arttext#:~:text=el%20sistema%20de%20defensa%20de%20los%20peces%2c,inespec%3%adfico%20y%20sistema%20inmune%20adquirido%20o%20espec%3%adfico.&text=el%20epitelio%20intacto%20y%20su%20s](https://www.scielo.cl/scielo.php?Pid=s0717-65382000000200010&script=sci_arttext#:~:text=el%20sistema%20de%20defensa%20de%20los%20peces%2c,inespec%3%adfico%20y%20sistema%20inmune%20adquirido%20o%20espec%3%adfico.&text=el%20epitelio%20intacto%20y%20su%20s)

Oseguera, M. (2016). *Industria de tilapia en honduras situacion actual retos y perspectivas* . Obtenido de digepesca: <https://www.digepesca.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2022/08/perfil-rubro-de-tilapia-versii%2%bf%c2%bdn-final-agosto-29-de-2016.pdf>

PESC. (2022). *La importancia de medir el nivel de oxígeno en el cultivo de tilapia para garantizar su salud y bienestar*. Obtenido de www.pisciculturaecososteniblechireno.com: <https://www.pisciculturaecososteniblechireno.com/blog/entradas/la-importancia-de-medir-el-nivel-de-ox%3%adgeno-en-el-cultivo-de-tilapia>

PESC. (2022). *Principales causas de mortalidades en la tilapias cultivadas en acuicultura*. Obtenido de www.pisciculturaecososteniblechireno.com: <https://www.pisciculturaecososteniblechireno.com/blog/entradas/principales-causas-de-mortalidad-en-la-tilapia>

PHARMAQ. (2017). *Manual de vacunación*. Obtenido de www.pharmaq.com: https://www.pharmaq.com/media/hulck3t5/vaccination_manual_tilapia_esp.pdf

Pirarucú. (2016). *Criterios para el calculo de la biomasa en peces de clima calido*.

Obtenido de acuicultura.co:

https://www.acuicultura.co/publicaciones/detalle/criterios_para_el_calculo_de_la_biomasa_en_peces_de_clima_calido

Quintero, A. (2020). *Bienestar para animales acuaticos* . Obtenido de www.minagricultura.gov.co:

https://www.minagricultura.gov.co/sig/documentossig/12gestion_de_innovacion_des_tecn_y_proteccion_sanitaria/manual-bienestar-animal-especies-v1.pdf

Roderick, E. (2025). *La tilapia mundial*. Obtenido de aquaasiapac.com: <https://aquaasiapac.com/2025/02/04/the-global-tilapia/>

SAG-DIGEPESCA. (2022). *Manual de principales enfermedades en el cultivo de tilapia.* Obtenido de www.digepesca.sag.gob.hn: <https://www.digepesca.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2022/12/manual-de-principales-enfermedades-en-el-cultivo-de-tilapia.pdf>

SAG-PRONAGRO. (2024). *Tilapia.* Obtenido de [pronagro](http://www.pronagro.sag.gob.hn): <https://www.pronagro.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2024/10/tilapia.pdf>

SWP. (2024). *¿estás alimentando de más? Hablamos sobre el fcr, sgr y sfr.* Obtenido de smartwaterplanet.com: <https://smartwaterplanet.com/es/are-you-overfeeding-your-fish-fcr-sgr-sfr/#:~:text=la%20tasa%20de%20crecimiento%20espec%C3%ADfica,los%20peces%20est%C3%A1n%20creciendo%20r%C3%A1pidamente>.

Tammas, L., Bitchava, K., & Gelasakis, A. (2024). *Avances en adyuvantes de vacunas para peces teleósteos: implicaciones para el bienestar acuático y el potencial de las formulaciones basadas en nanopartículas.* Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov>: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11679523/#:~:text=adherencias%20blandas%20y%20localizadas%20alrededor,poco%20despu%C3%A9s%20de%20la%20vacunaci%C3%B3n>.

Urías, R., & Maeda, A. (2023). *La producción de tilapia del nilo oreochromis niloticus (linnaeus, 1758) en México como una alternativa para fortalecer la seguridad alimentaria nacional.* Obtenido de [scielo](http://www.scielo.org): https://www.scielo.org.mx/scielo.php?Script=sci_arttext&pid=s2395-91692023000200107#b12

VIRBAC. (2025). *Dolical.* Obtenido de [virbac.com](http://www.virbac.com): <https://cl.virbac.com/products/anestésicos-y-tranquilizantes/dolical--80-pulvo-para-reconstituir>

Wali, A. (2016). *Vacunación y terapéutica de peces.* Obtenido de www.researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/301294230_fish_vaccination_and_therapeutics

ANEXOS

Anexo 1. ANOVA variable porcentaje de Lesiones antes y después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	5	0.6716	0.13433	3.93	0.024
Error	12	0.4104	0.03420		
Total	17	1.0820			

Anexo 2. ANOVA variable porcentaje de Mortalidad después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.000000	0.000000	0.96	0.390
Error	45	0.000005	0.000000		
Total	47	0.000005			

Anexo 3. ANOVA variable porcentaje de Supervivencia después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	0.000000	0.000000	0.96	0.389
Error	45	0.000005	0.000000		
Total	47	0.000005			

Anexo 4. ANOVA variable SGR (%/día) después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	0.000846	0.000106	84.59	0.000
Error	18	0.000023	0.000001		
Total	26	0.000869			

Anexo 5. ANOVA variable GPD (g) después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	2.3964	0.29955	13.10	0.000
Error	18	0.4115	0.02286		
Total	26	2.8079			

Anexo 6. ANOVA variable FCR (Kg) después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	0.9253	0.11566	2.73	0.037
Error	18	0.7630	0.04239		
Total	26	1.6883			

Anexo 7. ANOVA variable Oxígeno (mg/L) después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	15	30.75	2.0502	7.66	0.000
Error	154	41.24	0.2678		
Total	169	71.99			

Anexo 8. ANOVA variable Temperatura (°C) después de vacunación.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	15	25.77	1.7180	5.19	0.000
Error	154	51.02	0.3313		
Total	169	76.79			