

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
Evaluación de efectividad de dióxido de cloro para el control de
saprolegniasis en pre-engorde de tilapia (*Oreochromis sp.*)

Estudiantes

Bolívar Alberto Arias Peralta
Eri Airin Samanta García Montoya

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.
María F. Oyuela, M.Sc.

Honduras, agosto 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Anexos	6
Índice de Figuras.....	7
Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción	10
Materiales y Métodos	12
Ubicación.....	12
Unidades de Producción.....	12
Tratamientos	12
Protocolo de Inoculación del Hongo	13
Protocolo de Preparación de Producto a Base de Dióxido de Cloro (ClO ₂).....	13
Protocolo de Preparación de Baño de NaCl	14
Preparación de los Tanques	14
Transporte	14
Siembra de Alevines	14
Calidad de Agua.....	15
Variables de Calidad de Agua	15
Temperatura.....	15
Oxígeno Disuelto (OD).....	15
Amonio (NH ₄ ⁺)	16
pH	16
Muestreo	16
Variables Productivas Medidas	16
Sobrevivencia (%)	16

	4
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	17
Ganancia Diaria de Peso (GDP)	17
Biomasa (g).....	17
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	17
Resultados y Discusión	19
Peso Promedio	19
Biomasa	19
Ganancia Diaria de Peso.....	20
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	20
Sobrevivencia	21
Calidad de Agua.....	21
Conclusiones.....	24
Recomendaciones	25
Referencias	26
Anexos	28

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Distribución de tratamientos aplicados en alevines de tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) en un período de 28 días	13
Cuadro 2 Peso promedio de alevines de tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) en el control de saprolegniasis con diferentes métodos	19
Cuadro 3 Biomasa de alevines de tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) en el control de saprolegniasis con diferentes métodos	20
Cuadro 4 Ganancia diaria de peso en alevines de tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) con diferentes métodos.	20
Cuadro 5 Índice de Conversión Alimenticia (ICA) en alevines de tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) con diferentes métodos.	21
Cuadro 6 Supervivencia de alevines de tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) con diferentes métodos representado en porcentajes.....	21
Cuadro 7 Rangos de calidad de agua en tanques con diferentes tratamientos aplicados a pre-engorde de tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.).	23

Índice de Anexos

Anexo A Tanques de muestreo	28
Anexo B Balanza de precisión portátil SCOUT™ SPX	29
Anexo C Dosis aplicadas de ClO ₂	30
Anexo D Sensor Galvánico YSI PRO 20-A.....	31
Anexo E NH ₄ ⁺ en los tratamientos.	32
Anexo F Inoculación de saprolegnias.....	33

Índice de Figuras

Figura 1 Distribución de los tratamientos.....	15
--	----

Resumen

La tilapia se encuentra entre las especies animales más producidas a nivel mundial y es altamente considerada en la producción de proteína animal, sin embargo, se ha demostrado que la enfermedad saprolegniasis puede causar una mortalidad del lote productivo superior al 95%. Es por esto que el objetivo de este estudio fue, evaluar la efectividad del dióxido de cloro a través de parámetros de calidad de agua y parámetros productivos de los alevines, para el control de saprolegniasis en pre-engorde de tilapia (*Oreochromis* sp.). Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), donde se utilizaron nueve tanques con un volumen operativo de 200 L. Adicionalmente se suministró oxígeno a través de un sistema regenerativo. Previo al inicio de los tratamientos, se inoculó saprolegniasis a un lote de alevines de 360 animales, para posteriormente ser distribuidos en tres tratamientos con tres repeticiones cada uno: Control: agua sin tratar; tratamiento 1: 4,760 g de NaCl en 80 L de agua como baño a los alevines previo al recambio de agua semanal y tratamiento 2: 20 mL de ClO₂ para tratar el agua. Durante el desarrollo del experimento se evaluaron parámetros de calidad de agua y parámetros productivos. Se demostró que el tratamiento de NaCl presentó mejores resultados en biomasa final (g) en comparación con el tratamiento de ClO₂. También se observó que el oxígeno disuelto presentó diferencias entre el tratamiento control y el tratamiento de NaCl. Así mismo, en turbidez se demostró que presentó diferencia significativa entre el tratamiento control y el tratamiento de NaCl. Los parámetros de calidad de agua de los alevines después de las aplicaciones de ClO₂ se mantuvieron dentro de los rangos óptimos establecidos.

Palabras clave: Calidad de agua, dióxido de cloro, evaluación, *Oreochromis*, *Saprolegnia*.

Abstract

Tilapia is among the most produced animal species worldwide and is highly considered in the production of animal protein, however, it has been demonstrated that the disease saprolegniasis can cause a mortality of the productive batch higher than 95%. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effectiveness of chlorine dioxide through water quality parameters and fry production parameters for the control of saprolegniasis in pre-farmed tilapia (*Oreochromis* sp.). A completely randomized design (CRD) was used, where nine tanks with an operating volume of 200 L were used. Additionally, oxygen was supplied through a regenerative system. Prior to the start of the treatments, a batch of 360 fingerlings was inoculated with saprolegniasis and then distributed in three treatments with three replicates each: Control: untreated water; treatment 1: 4,760 g of NaCl in 80 L of water as a bath for the fry prior to weekly water replacement; and treatment 2: 20 mL of ClO₂ to treat the water. During the development of the experiment, water quality and productive parameters were evaluated. It was demonstrated that the NaCl treatment showed better results in final biomass (g) compared to the ClO₂ treatment. It was also observed that dissolved oxygen showed differences between the control treatment and the NaCl treatment. Likewise, turbidity showed a significant difference between the control treatment and the NaCl treatment. Water quality parameters of the fry after ClO₂ applications remained within the established optimal ranges.

Keywords: Chlorine dioxide, evaluation, *Oreochromis*, *Saprolegnia*, water quality.

Introducción

La pesca y la acuicultura siguen siendo importantes fuentes de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para cientos de millones de personas en todo el mundo (FAO 2016). La priorización y una mejor integración del pescado y los productos pesqueros en las estrategias y políticas mundiales, regionales y nacionales relacionadas con los sistemas alimentarios deberían constituir una parte esencial de la transformación necesaria de nuestros sistemas agroalimentarios (FAO 2022).

El cultivo de tilapia es una actividad que se realiza comúnmente en áreas tropicales y subtropicales que ha contribuido con el desarrollo de muchos países (Paz 2016). La tilapia se encuentra entre las especies animales más producidas a nivel mundial y es altamente considerada en la producción de proteína animal. Los alimentos acuáticos gozan de un reconocimiento cada vez mayor por el papel esencial que desempeñan en la seguridad alimentaria y la nutrición, no solo como fuente de proteínas, sino también como proveedores únicos y extremadamente diversos de ácidos grasos omega-3 y micronutrientes biodisponibles esenciales. Puede ser rentable según su sistema de cultivo y es muy productiva debido a su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, adaptabilidad a las altas salinidades y su aceptación a diferentes alimentos balanceados (INP 2018).

Debido a la importancia de las producciones de tilapia, es primordial mantener a los peces sanos y usar métodos preventivos o de control para las enfermedades, hongos o bacterias que estos puedan desarrollar. Una gran amenaza para los productores de tilapia es la *Saprolegnia*, se ha demostrado que puede causar una mortalidad acumulada superior al 95% en condiciones experimentales (Ali et al. 2019). La enfermedad causa considerables pérdidas económicas en las poblaciones de peces salvajes y en la acuicultura como causa de esto la saprolegniasis es considerada una grave amenaza para la industria acuícola mundial. El patógeno, *Saprolegnia* sp, pertenece a la división oomycota y su clasificación se realiza según sus características morfológicas, por lo que anteriormente se les incluía entre los hongos (Hatai et al. 1990; Hughes 1994). Es difícil evitar que las esporas de *Saprolegnia* sp. Entren en las instalaciones acuícolas a través del agua de entrada. Se puede propagar fácilmente en temperaturas bajas y cuando hay cantidades deficientes de oxígeno disuelto

(OD) en el agua. Estas colonias de *Saprolegnia* sp se pueden observar en el animal como hilos de algodón con un color blanco o gris, alrededor de las aletas y branquias, haciendo susceptibles a los peces a bacterias u hongos.

Algunas cepas de *Saprolegnia* han desarrollado la capacidad de tolerar bajos niveles de oxígeno (O₂). La mayoría de las cepas prefieren un ambiente pobre de este y vive mejor bajo estas condiciones. Obtienen sus requerimientos energéticos de la descomposición de los orgánicos existentes en la naturaleza y a la luz de esto, puede considerarse como parásito. Debido a su baja tolerancia al O₂ naciente y al medio ácido en el que prosperan los hongos en forma micelial son sensibles a la acción destructiva del dióxido de cloro (ClO₂), la cual es esencialmente activada solo por virus, bacterias ácidas y hongos (Bradford 2001).

Por lo antes mencionado, el objetivo de este experimento fue, evaluar la efectividad del dióxido de cloro a través de parámetros de calidad de agua y parámetros productivos de los alevines, para el control de saprolegniasis en pre-engorde de tilapia (*Oreochromis* sp.).

Materiales y Métodos

Ubicación

El experimento se llevó a cabo en la unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer” entre los meses de marzo y abril del año 2023, unidad localizada en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el kilómetro 30, carretera Tegucigalpa a Danlí, Valle del Yegüare, Municipio de San Antonio de Oriente, departamento Francisco Morazán, Honduras. A una elevación de 800 msnm, con una temperatura promedio de 26 °C y una precipitación media anual de 1100 mm.

Unidades de Producción

Se utilizaron nueve tanques circulares de fibra de vidrio, con un volumen operativo de 200 L. Los cuales fueron ubicados a campo abierto, en la unidad de acuicultura. Se usó una piedra difusora Sweetwater® con dimensiones de 3 cm × 7 cm en cada tanque, que brindó la aireación requerida por los peces, conectadas a un blower regenerativo encargado de generar el oxígeno. Durante el proceso de investigación se realizaron recambios de agua una vez por semana, para garantizar la calidad de agua óptima para que los alevines se desarrollen de manera adecuada.

Tratamientos

En el Cuadro 1 se explica la distribución de los tratamientos aplicados en la etapa de pre-engorde del cultivo de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). Se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno.

Todos los tratamientos fueron alimentados con una dieta comercial balanceada de 45% de proteína cruda (PC) molida para tener partículas adecuadas para la debida alimentación de los alevines. El tratamiento control consistió en utilizar agua de la laguna sin ningún tipo de químico. En el tratamiento 1, los individuos fueron sometidos a un baño de sal, en el cual se agregaron 4760 gramos de sal a un recipiente con 80 L de agua, dejando a cada individuo 30 segundos en el agua con sal. Para el tratamiento 2, se realizó una aplicación de ClO₂ al agua de los tanques. Distribución de los tanques conforme a cada tratamiento en la Figura 1.

Cuadro 1

Distribución de tratamientos aplicados en alevines de tilapia (Oreochromis sp.) en un período de 28 días

Tratamientos	Descripción
Control	Agua sin aditivos
T1 – NaCl	Baño de NaCl 4760 g en 80 litros de agua
T2 – ClO ₂	20 mL Dióxido de Cloro en 200 litros de agua

Protocolo de Inoculación del Hongo

Para la inoculación del hongo, el primer paso consistió en la aplicación de hielo en el agua con el objetivo de crear cambios abruptos en su temperatura, generando estrés en los animales utilizados. Los cambios de temperatura se realizaron cinco veces en un transcurso de cinco días. Posteriormente al periodo de estrés, se identificó el hongo en las unidades. Una vez inoculado el hongo, se realizó el proceso de propagación al lote de individuos, colocando los animales contagiados en un contenedor con los alevines del lote de estudio en un espacio reducido para crear fricción entre ellos mismos y así generando la propagación del hongo. Se esperó un total de tres días para poder confirmar la presencia de saprolegniasis en los peces, para dar inicio al experimento.

Protocolo de Preparación de Producto a Base de Dióxido de Cloro (ClO₂)

Para el establecimiento del protocolo de preparación y dosis, se tomó como referencia la recomendación del fabricante del producto, el cual venía envasado en dos empaques tipo “sachet” con especificaciones de “Component A” y “Component B”. Fueron mezclados en partes iguales, con relación a un litro de agua se necesitaron 20 g de “Component A” y 20 g de “Component B”. Por lo cual, se realizó la preparación de 62 mL de agua con 1.25 g de sachet “A” + 1.25 g de sachet “B”, envasando la mezcla en un recipiente de polietileno de alta densidad (HDPE) oscuro debido a que, era un plástico con mayor resistencia a la radiación y al este ser un producto que contenía cloro era fotosensible al tener contacto con la luz solar. Según recomendaciones del fabricante, se esperaron cuatro horas para que el producto estuviera activado para su aplicación.

Protocolo de Preparación de Baño de NaCl

Se tomó como referencia el protocolo de preparación de baño de NaCl de la unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer”, ubicada en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Se llenó un recipiente de forma rectangular con capacidad total de 80 L con agua. Para lograr la concentración deseada, se agregaron 59.5 g de NaCl por cada litro de agua en el recipiente, en total resultó la adición de 4,760 g de sal. Una vez añadido el NaCl, se procedió a mezclar el contenido del recipiente hasta obtener una mezcla homogénea lista para su uso.

Preparación de los Tanques

Cada tanque fue examinado para detectar cualquier posible imperfección o mal funcionamiento que pudiera haber afectado el desarrollo saludable de los alevines. En el caso de haber encontrado alguna irregularidad, se realizaron las correspondientes reparaciones, asegurándose de que todos los sistemas y componentes estuvieran en óptimas condiciones. Una vez completadas las reparaciones necesarias, se procedió a llenar con agua y ajustar las condiciones óptimas, como los niveles de temperatura y un sistema de oxigenación eficiente.

Transporte

Para llevar a cabo este experimento, se adquirió un lote de 400 alevines, procedentes de un productor local ubicado en las cercanías de Lago de Yojoa. Una vez completada la transacción, se procedió a trasladar los alevines a la unidad principal de acuicultura en la universidad, donde fueron aclimatados garantizando su adaptación y bienestar.

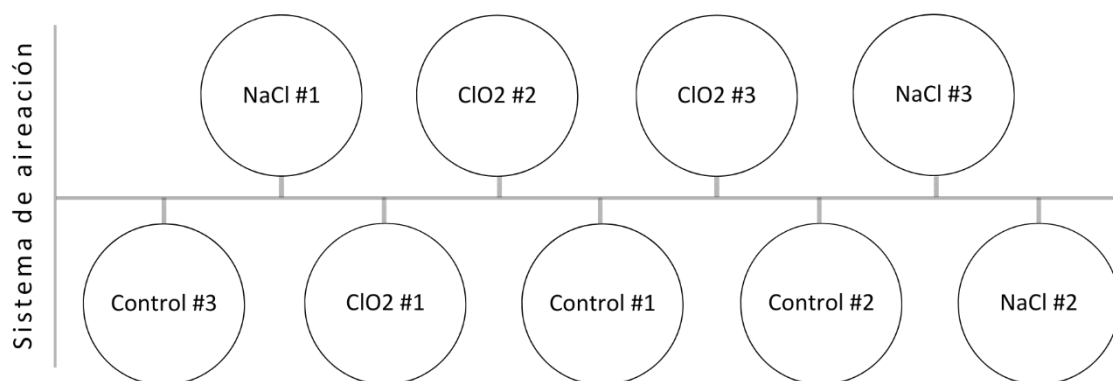
Siembra de Alevines

La siembra de los alevines se llevó a cabo, utilizando individuos con un peso promedio de 1.02 g. Con el objetivo de lograr una distribución equitativa y homogénea, se dividió el grupo en dos subgrupos de 20 alevines cada uno. Esta división permitió garantizar una distribución equilibrada en términos de tamaño y peso entre los tanques experimentales. En total, se sembraron 40 alevines por tanque, lo que resultó en un número de 360 alevines en total para el proyecto y una biomasa inicial de 40.8 g por tanque. Esta selección y distribución de los alevines aseguró una base sólida para el

seguimiento y estudio del crecimiento, el comportamiento y el desarrollo de los peces en las condiciones experimentales.

Figura 1

Distribución de los tratamientos.



Calidad de Agua

A lo largo de este experimento, se monitoreó la calidad de agua un día de por medio. Se analizaron los siguientes parámetros: pH, amonio (NH_4), temperatura (T°), oxígeno disuelto (OD) y turbidez.

VARIABLES DE CALIDAD DE AGUA

Temperatura

Durante el experimento, se registró este factor pasando un día, durante los 28 días de duración del experimento. El intervalo ideal de temperatura en producciones de tilapia: 24-32 °C. Para recolectar datos de esta variable, se utilizó el sensor galvánico YSI® Pro-20A.

Oxígeno Disuelto (OD)

Este factor se refirió a la concentración de oxígeno gaseoso disuelto en el agua. En la evaluación de esta variable, se utilizó el sensor galvánico YSI® Pro-20A. El rango óptimo de oxígeno disuelto en producciones de tilapia es de $\geq 3\text{mg/L}$.

Amonio (NH₄⁺)

Resultado de la eliminación de desechos, como la orina de los peces y la descomposición de la materia. La toxicidad podía aumentar si es que la concentración de oxígeno disuelto era baja, el pH alto (alcalino) y la temperatura elevada. Un nivel alto de amonio en el agua podía ocasionar bloqueo en el metabolismo, daño en las branquias, desequilibrio en las sales, lesiones en órganos internos, supresión del sistema inmunológico, mayor susceptibilidad a enfermedades, disminución del crecimiento y la supervivencia. Los valores ideales debían oscilar entre 0.01mg/L y 0.1mg/L (NICOVITA 2014). Se realizaron mediciones de ese factor, día de por medio, utilizando la prueba de amonio API Master Test Kit.

pH

El pH del agua fue un factor crítico en este experimento, debido a que influyo en el bienestar y la salud de las tilapias, ya que este podía afectar su capacidad para respirar, digerir los alimentos y reproducirse. Un pH demasiado bajo o demasiado alto podía hacer que las tilapias sean más susceptibles a enfermedades y parásitos. Durante el desarrollo del experimento, se evaluó este factor día de por medio, utilizando la prueba de pH API. Según (NICOVITA 2014) El rango óptimo de pH para la crianza de tilapia es de 6.5 a 9.0.

Muestreo

El muestreo fue realizado cada siete días, este consistió en el pesaje de los peces desde el momento de siembra tomando en cuenta el peso inicial. Se utilizó una balanza de precisión portátil SCOUT™ SPX y se pesó toda la población de cada tanque. El último muestreo fue realizado con el total de peces por tanque.

Variables Productivas Medidas

Sobrevivencia (%)

La sobrevivencia en este experimento fue la proporción de peces que sobrevivieron desde la siembra hasta el muestreo final, calculada con la fórmula 1. Estuvo influenciada por una serie de

factores, incluyendo la calidad del agua, la alimentación, la salud y la gestión. Con esta variable se dio a conocer el porcentaje de peces que se mantuvieron vivos hasta el final del experimento.

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = (\text{Número final de peces} \div \text{Numero inicial de peces}) \times 100 \quad [1]$$

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

La conversión eficiente de alimentos acuícolas en biomasa es la característica esencial de una instalación de acuicultura gestionada adecuadamente. Es por esto que el índice de conversión alimenticia es el valor que indica la eficacia con la que el animal es capaz de transformar el alimento que ingiere en masa corporal. Este es un indicador de desempeño y manejo. El ICA fue calculado usando la fórmula 2:

$$\text{ICA} = \text{Alimento suministrado} \div (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) \quad [2]$$

Ganancia Diaria de Peso (GDP)

Esta medida reflejó los gramos de peso diario ganado de cada animal al final del experimento, calculado diariamente en promedio, usando la fórmula 3. Para determinar esta variable, se realizó la resta del peso final con el peso inicial sobre el tiempo en días.

$$\text{GDP (g)} = (\text{Peso final} - \text{Peso inicial}) \div \text{Tiempo (días)} \quad [3]$$

Biomasa (g)

Corresponde al peso total de los peces presentes en cada unidad experimental, calculado con la fórmula 4. Este parámetro fue de gran ayuda para la determinación de la cantidad de alimento que se suministró a lo largo del experimento.

$$\text{Biomasa (g)} = \text{Peso promedio} \times \text{N}^\circ \text{ peces} \quad [4]$$

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA), de tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, con un total de nueve unidades experimentales. Los datos se analizaron mediante un análisis

de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza de ($P \leq 0.05$) con el programa Statistical Analysis System (SAS® 2015 v9.4); en caso de ser necesario las medias se compararon mediante la prueba Duncan.

Resultados y Discusión

Peso Promedio

El Cuadro 2, muestra los resultados del análisis de la variable productiva peso promedio final de los alevines. De acuerdo con los resultados no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los tres tratamientos, para la variable de peso promedio final. De acuerdo con los estándares comerciales reportados por la FAO (2014), el peso promedio final de los alevines en este ensayo fue bajo. El peso promedio de una tilapia a ocho semanas de edad, es aproximadamente de <10 a 15 g. (Brown 2003) establece que este peso se puede ver afectado debido a que la saprolegniasis causa lesiones en la piel que hacen que el pez pierda peso.

Cuadro 2

Peso promedio de alevines de tilapia (Oreochromis sp.) en el control de saprolegniasis con diferentes métodos

Parámetro	Tratamientos			EE±	Valor P
	Control	T1- NaCl	T2- ClO ₂		
Peso Promedio (g)	3.82	4.08	3.59	0.17	0.1902

Nota. ns: tratamientos sin diferencia significativa entre si (P > 0.05) - EE±.: error estándar; Valor de P: Probabilidad

Biomasa

El Cuadro 3, muestra los resultados de biomasa final en alevines para el día 28. Donde por medio del análisis de medias se demostró que el tratamiento 1 de sal, fue significativamente diferente en comparación al tratamiento 2, obteniendo así que el tratamiento 1 presentó una biomasa de 129.16 gramos mientras que el tratamiento 2 una biomasa de 106.32 gramos. Esto lo explicó Akter (2020) quien mencionó que los baños de sal ayudan a estimular el sistema inmunológico de los peces y hacerlos más resistentes a las infecciones, mientras que algunos anti fúngicos como el dióxido de cloro, pueden matar bacterias beneficiosas en el entorno de los peces, siendo propensos a enfermarse y crecer lentamente.

Cuadro 3

Biomasa de alevines de tilapia (Oreochromis sp.) en el control de saprolegniasis con diferentes métodos

Parámetro	Tratamientos			EE±	Valor P
	Control	T1- NaCl	T2- ClO ₂		
Biomasa (g)	115.21 ^{ab}	129.16 ^a	106.32 ^b	4.82	0.041

Nota: a,b,c Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$. - EE±.: error estándar; Valor de P: Probabilidad.

Ganancia Diaria de Peso

El Cuadro 4, muestra los resultados de ganancia diaria de peso para el final de los 28 días del experimento. Donde no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos. Los valores de cada tratamiento representaron menos del 50% de la ganancia diaria de peso normal, como lo establece la FAO (2014). Por otra parte, Meyer y Meyer (2006), estipulan que la saprolegniasis causa lesiones en la piel y en los tejidos de los peces, generando dificultad para comer y absorber nutrientes. Asimismo, Boyd (1989), nos comenta que, la *Saprolegnia* libera toxinas en el agua que afecta negativamente la salud de los peces, impidiéndoles su óptimo desarrollo.

Cuadro 4

Ganancia diaria de peso en alevines de tilapia (Oreochromis sp.) con diferentes métodos.

Parámetro	Tratamientos			EE±	Valor P
	Control	T1- NaCl	T2- ClO ₂		
Ganancia Diaria de Peso (g)	0.10	0.11	0.09	0.01	0.20

Nota. ns: tratamientos sin diferencia significativa entre si ($P > 0.05$) - EE±.: error estándar; Valor de P: Probabilidad

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

En el Cuadro 5, se presenta el análisis del índice de conversión alimenticia hasta la última semana del experimento, el cual demuestra que estadísticamente no se observó diferencia significativa entre el ICA de los tratamientos. Como indica Li et al. (2015), el ICA en un pez de ocho semanas, oscila entre 1.5 a 2 y se necesita esta misma cantidad de alimento en libras para producir una libra de tilapia, lo cual no concuerda con el experimento realizado ya que se obtuvieron valores altos, debido a que la enfermedad generó una baja absorción de nutrientes por las lesiones que

podieron tener los peces, según comentan Meyer F y Meyer T (2006), es por esta razón que el alimento no fue aprovechado correctamente.

Cuadro 5

Índice de Conversión Alimenticia (ICA) en alevines de tilapia (Oreochromis sp.) con diferentes métodos.

Parámetro	Tratamientos			EE±	Valor P
	Control	T1- NaCl	T2- ClO ₂		
ICA	8.37	4.64	2.55	1.82	0.15

Nota. ns: tratamientos sin diferencia significativa entre si ($P > 0.05$) - EE±.: error estándar; Valor de P: Probabilidad

Sobrevivencia

El Cuadro 6, muestra el análisis de sobrevivencia de los alevines. La cual depende de varios factores, incluyendo la severidad de la infección, la calidad del agua, la edad y condición de los peces. En general, las tilapias jóvenes son más susceptibles a la infección que las tilapias adultas, manifestado por Boyd (1988). Sin embargo, el porcentaje de sobrevivencia pudo ser alterado por depredadores, en este caso aves, que cazaban peces en el área donde los tanques estaban ubicados. Estableciendo lo anterior, podemos concluir que los resultados de los tratamientos no difieren entre sí por las condiciones ambientales que se presentaron durante el experimento.

Cuadro 6

Sobrevivencia de alevines de tilapia en (Oreochromis sp.) con diferentes métodos representado en porcentajes.

Parámetro	Tratamientos			EE±	Valor P
	Control	T1- NaCl	T2- ClO ₂		
Sobrevivencia (%)	0.76	0.80	0.74	0.04	0.6016

Nota. ns: tratamientos sin diferencia significativa entre si ($P > 0.05$) - EE±.: error estándar; Valor de P: Probabilidad

Calidad de Agua

En el Cuadro 7, se muestran los parámetros de calidad de agua medidos en este ensayo con los rangos medidos. La temperatura no difiere significativamente, como establece Saavedra (2006) la temperatura óptima para nutrición y crecimiento del cultivo de tilapia es de 24 a 32 °C. El oxígeno disuelto mostró diferencia significativa, sin embargo, aunque estén sobre los rangos ideales, se puede

resaltar que los tratamientos que difieren entre sí son el control y el tratamiento 1-NaCl. Según Alam et al. (2013) la tilapia infectada con saprolegniasis tiene niveles significativamente más bajos de oxígeno disuelto en su agua, esto se debe a que el hongo puede competir con los peces por el oxígeno, más en agua sin tratar. El amonio se mantuvo controlado durante todo el experimento. Según Oliveira et al. (2017), los alevines de tilapia producen amoníaco como subproducto de su metabolismo, al estar al aire libre, la temperatura del agua en el experimento será menor en comparación de estructuras protegidas, los alevines de tilapia producen menos amoníaco. En cuanto al pH, se logró concluir que no demuestra diferencia significativa. NICOVITA (2014) menciona que el rango óptimo de pH para la crianza de tilapia es entre 6.5 a 9.0. en condiciones experimentales. Finalmente, la turbidez del agua no muestra diferencia entre el tratamiento control y el tratamiento 2-ClO₂, el tratamiento 1 si difiere entre los tratamientos previamente mencionados. Pero están dentro de los rangos óptimos, según Al-Hamdany y Al-Dabbagh (2013), la turbidez afecta la profundidad de la zona fótica y las tilapias tendrán dificultad para encontrar comida y oxígeno. Si la profundidad es mayor al rango óptimo el agua será más fría, las tilapias crecerán lentamente y serán propensas a ataques de depredadores.

Cuadro 7

Rangos de calidad de agua en tanques con diferentes tratamientos aplicados a pre-engorde de tilapia (Oreochromis sp.).

	Temperatura (°C)		Oxígeno Disuelto (mg/L)		Amonio (mg/L)		pH		Turbidez (cm)	
	Min-Max	Media	Min-Max	Media	Min-Max	Media	Min-Max	Media	Min-Max	Media
Control	22.60 - 31.67	27.25	5.00 - 8.47	6.87a	0	0	8.00 - 8.83	8.38	18.33 - 35.00	25.48a
T1 (NaCl)	22.60 - 31.70	27.31	6.50 - 10.60	7.90b	0	0	7.67 - 8.80	8.31	18.33 - 35.00	28.10b
T2 (ClO ₂)	22.67 - 31.67	27.58	4.63 - 10.90	7.29ab	0	0	7.87 - 8.80	8.38	18.33 - 35.00	25.71a
EE±		0.4831		0.526		-		0.0915		0.792
Valor de P		0.879		0.0025		-		0.1318		0.038

Nota. a,b,c Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$. - EE±.: error estándar; Valor de P: Probabilidad. Rangos óptimos: pH 6.5-9.0, T 24-32°C, OD ≥ 3 mg/L, Turbidez 25-35cm, NH₄ 0-0.5 mg/L

Conclusiones

Los parámetros de calidad de agua de los alevines después de las aplicaciones de ClO_2 se mantuvieron dentro de los rangos óptimos previamente establecidos.

Los resultados de los parámetros productivos de los alevines después de las aplicaciones de ClO_2 , se encontraron debajo de los rangos óptimos debido al efecto de la enfermedad.

Recomendaciones

Realizar el experimento en etapa de engorde, para el análisis de parámetros productivos y calidad de agua, después de aplicar ClO_2 .

Aplicar pequeñas dosis de ClO_2 en el alimento de las tilapias para ver el efecto que causa en su organismo y analizar su salud.

Repetir el experimento con más días de duración para un análisis comparativo de una mayor cantidad de datos y variantes.

Referencias

- Akter M. 2020. The effectiveness of salt bath versus antifungicide in the treatment of fungus on tilapia. *Aquaculture International*. 28(1):265–276.
- Alam M, Hossain M, Akter S, Islam M. 2013. Effect of saprolegniasis on dissolved oxygen and other water quality parameters of tilapia culture. *Aquaculture International*. 3(21(2)):415–424.
- Al-Hamdany M, Al-Dabbagh A. 2013. *Aquacultural Engineering*. *Aquaculture Science*. 58(2):44–51.
- Ali SE, Gamil AAA, Skaar I, Evensen Ø, Charo-Karisa H. 2019. Efficacy and safety of boric acid as a preventive treatment against *Saprolegnia* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Sci Rep*. 9(1):18013. eng. doi:10.1038/s41598-019-54534-y.
- Boyd W. 1988. Tilapia fish farming. *Tilapia fish farming*. 1(5):125.
- Bradford R. 2001. Caracterización, modo de acción y resultado clínico de Dioxychlor®: Estudio de la Universidad de Stanford. California: Instituto de Investigación Bradford; [consultado el 7 de feb. de 2023]. 8 p. https://www.academia.edu/42657365/Caracterizaci%C3%B3n_modo_de_acci%C3%B3n_y_resultado_cl%C3%ADnico_de_Dioxychlor.
- Brown C. 2003. La prevención y el tratamiento de la saprolegniasis en la tilapia. *Revista Mundial de Acuicultura*. 2(1):35: 1-10.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2014. Guía para el desarrollo y la gestión. Tilapia en acuicultura; [consultado el 18 de jul. de 2023]. 589(76):10.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2016. The state of world fisheries and aquaculture 2016: Contributing to food security and nutrition for all. 6ª ed. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1 volume ; ISBN: 978-92-5-309185-0; [consultado el 7 de feb. de 2023].
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2022. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022: Hacia la transformación azul. 7ª ed. Union Europea: Food & Agriculture org. ISBN: 978-92-5-136464-2; [consultado el 7 de feb. de 2023].
- [INP] Instituto Nacional de Pesca. 2018. Acuicultura comercial. 13ª ed. México: Gobierno de México - INP; [actualizado el 7 de feb. de 2023]. <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia>.
- Li, Xin, Ye, Jian, Zhang, Jun, Yang. 2015. Effects of functional feed additives on growth performance, feed utilization, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 448(6):141–148.
- Meyer F, Meyer T. 2006. The effect of *Saprolegnia* on growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of the World Aquaculture Society*. 4(4):418–26.
- NICOVITA. 2014. Manual de crianza de tilapia. Condiciones y parámetros de cultivo. Manual de crianza de tilapia. 3:12. <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>.
- Oliveira J, Gomes F, Fernandes M, Carvalho A. 2017. Effects of saprolegniasis on water quality and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 2(476):28–33.

Paz P. 2016. Reproducción de tilapia. 1ª ed. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 7 de feb. de 2023]. <https://www.zamorano.edu/2016/11/11/reproduccion-la-tilapia/>.

Saavedra M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. 2ª ed. Managua, Nicaragua: USAID. http://repositorio.uca.edu.ni/2554/1/2006_manejo_del_cultivo_de_tilapia.pdf.

Anexos

Anexo A

Tanques de muestreo



Anexo B*Balanza de precisión portátil SCOUT™ SPX*

Anexo C*Dosis aplicadas de ClO₂*

Anexo D*Sensor Galvánico YSI PRO 20-A*

Anexo E

NH₄⁺ en los tratamientos



Anexo F*Inoculación de saprolegniasis*