

Universidad Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Reversión sexual de tilapia roja en tanques de plástico con diferentes
dosis de la hormona 17 alfa metiltestosterona**

Estudiantes

Luis Fernando Anleu Cabrera

Ian Maddox Lobo Najera

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Ing. Katya V. Lagos

Honduras, septiembre, 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Figuras	6
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Materiales y Métodos	12
Ubicación	12
Tratamientos y Unidades Experimentales	12
Siembra	12
Alimentación	13
Análisis Descriptivo	13
Análisis Inferencial	13
Variables Evaluadas	13
Oxígeno Disuelto	13
Amonio	14
pH	14
Temperatura	14
Variables Productivas	14
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	14
Sobrevivencia	15
Resultados y Discusión	16
Reversión Sexual	16
Parámetros Físicoquímicos del Agua	17
Variables Productivas	19
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	19

	4
Sobrevivencia	19
Conclusiones	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24
Anexos.....	26

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Parámetros de calidad de agua en la reversión sexual de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) usando dos concentraciones de solución madre y dos tiempos de suministración de la hormona	18
Cuadro 2 Comparación del índice de conversión alimenticia (ICA) en la reversión sexual de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de suministración de la hormona	19

Índice de Figuras

Figura 1 Reversión sexual de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de administración de la hormona	17
Figura 2 Supervivencia al finalizar los 28 días de hormonado en la reversión sexual de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de administración de la hormona	20
Figura 3 Supervivencia al finalizar el experimento en la reversión sexual de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de administración de la hormona.....	21

Índice de Anexos

Anexo A Ubicación de los tanques en la reversión sexual de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) usando dos distintas dosis de hormona y dos distintos tiempos.....	26
Anexo B Medición de parámetros de calidad de agua en la reversión sexual de tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>) usando dos distintas dosis de hormona y dos distintos tiempos	27
Anexo C Pesaje y traslado de los alevines después del tiempo de reversión sexual.....	28
Anexo D Tablas de alimentación usadas en la reversión sexual en la Unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer”	29

Resumen

La reversión sexual en tilapia consiste en inducir el desarrollo de características masculinas mediante el uso de hormonas androgénicas, con el fin de obtener poblaciones monosexuales de machos. Los machos presentan mayor tasa de crecimiento, mejor conversión alimenticia y depósitos de grasa más eficientes, lo que los hace más rentables para los sistemas productivos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la hormona 17 alfa metiltestosterona (17 α -MT) aplicada en diferentes concentraciones y periodos sobre la reversión sexual de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), y su impacto en la calidad del agua, el índice de conversión alimenticia (ICA) y la sobrevivencia. El experimento se llevó a cabo en tanques plásticos, bajo condiciones controladas, evaluando tres tratamientos: Control (60 mL/SM/kg-alimento durante 28 días), tratamiento 1 (TRT 1) (80 mL/SM/kg-alimento durante 28 días) y tratamiento 2 (TRT 2) (80 mL/SM/kg-alimento durante 21 días). Los resultados mostraron que todos los tratamientos hormonados lograron porcentajes de reversión superiores al 80%, destacando TRT 1 y TRT 2 con valores de 88.36% y 88.33%, respectivamente. El mejor ICA (2.162) se obtuvo en TRT 2, lo que indica una conversión más eficiente de alimento en biomasa. La sobrevivencia al día 28 fue superior al 93% en todos los grupos, lo que demuestra que el tratamiento hormonal no afectó negativamente la salud de los peces. No obstante, la sobrevivencia final fue afectada por depredación de aves acuáticas, afectando principalmente al tratamiento TRT 2. A pesar de este factor externo, los tratamientos hormonados resultaron técnicamente viables y seguros para lograr la masculinización en tilapia roja.

Palabras clave: 17 α -metiltestosterona, calidad de agua, eficiencia productiva, reversión sexual, tilapia roja

Abstract

Sexual reversal in tilapia involves the use of androgenic hormones to induce male development, aiming to produce monosex male populations. Males grow faster, convert feed more efficiently, and deposit fat more effectively, making them more profitable in production systems. This study aimed to evaluate the effectiveness of 17 alpha methyltestosterone (17 α -MT) applied at different concentrations and durations on the sexual reversal of red tilapia (*Oreochromis* sp.), and its impact on water quality, feed conversion ratio (FCR), and survival. The experiment was conducted under controlled conditions in plastic tanks using three treatments: Control (60 mL/SM/kg-aliment for 28 days), treatment 1 (TRT 1) (80 mL/SM/kg-aliment for 28 days), and treatment 2 (TRT 2) (80 mL/SM/kg-aliment for 21 days). All hormone-treated groups achieved reversal percentages above 80%, with TRT 1 and TRT 2 reaching 88.36% and 88.33%, respectively. The lowest FCR (2.162) was recorded in TRT 2, indicating better feed efficiency. Survival on day 28 exceeded 93% in all groups, demonstrating no adverse effects on the health of the fish. However, final survival was reduced due to bird predation, mainly affecting TRT 2. Despite this external factor, the hormone treatments proved technically viable and safe for achieving masculinization in red tilapia.

Keywords: 17 α -methyltestosterone, production efficiency, red tilapia, sexual reversal, survival, water quality.

Introducción

La acuicultura es un sector productivo clave en la economía de muchos países, siendo una fuente importante de desarrollo y mejora de la calidad de vida de las personas. El avance de tecnología en estas actividades ha permitido incrementar la producción y ha dado lugar a la apertura de mercados internacionales. La cría de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) ha logrado consolidarse como una actividad relevante a nivel global, superando el millón de toneladas producidas (Arboleda Luzón et al., 2021).

La tilapia en comparación con otros peces posee cualidades que sobresalen para su cultivo como crecimiento rápido, tolerancia a altas densidades, adaptación, aceptación de una amplia gama de alimentos, alta resistencia a enfermedades, además de contar con algunas cualidades para el mercado como: carne blanca de buena calidad, buen sabor, poca espina, buena talla y precio accesible, lo que confiere una alta preferencia y demanda comercial en la acuicultura mundial (Oseguera, 2016).

Debido al aumento en la demanda de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), en la actualidad existen diferentes alternativas que favorecen la productividad en sus etapas tempranas (alevines) una de ellas es la reversión sexual, que busca obtener la mayor proporción posible de machos, pues estos alcanzan pesos de cosecha mayores y, por ende, aumento en la productividad.

En cuanto a las hembras, uno de los principales problemas es que estos peces tienden a reproducirse antes de alcanzar el tamaño comercial, por lo que es fundamental separar los sexos a tiempo. No obstante, la práctica más recomendable es realizar el engorde únicamente con machos (Saavedra, 2006)

Además, se deben tomar en cuenta diferentes factores para lograr un buen rendimiento en la reversión sexual de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) tales como las propiedades físicas y químicas de agua que se deben tener en constante control. La temperatura requerida por la tilapia gris (*O. niloticus*) y roja es de 24 a 33 °C, los parámetros ideales para cultivarlos son de 28 a 38 °C. En cuanto

al oxígeno es recomendable que exista un mínimo de 3 mg/L y en sistemas intensivos un mínimo de 5 mg/L (González, 2019).

En cuanto a la turbidez, es importante controlar los sólidos totales, ya que, de esta forma aumentan las condiciones favorables en el ambiente del cultivo. Las aguas muy transparentes pueden provocar estrés en los peces, mientras que las aguas con una alta concentración de sólidos en suspensión pueden provocar dificultades respiratorias y problemas de branquias. Así mismo, el pH es uno de los indicadores clave en la producción acuícola, ya que sus fluctuaciones pueden afectar significativamente el rendimiento. Los niveles de pH deben mantenerse entre 6 y 8.5 para evitar efectos adversos. Por otro lado, el amoníaco, un subproducto de los desechos generados por los peces de piscifactoría, puede ser letal para los alevines si excede o se reduce a menos de 0.2 mg/L, lo que resalta su importancia (González, 2019).

La unidad de acuicultura “Daniel E. Meyer” en la Universidad Zamorano ha tenido un mayor auge en cuanto a la producción de alevines en los últimos años, esto ha generado un aumento en la demanda y a la vez mayores ingresos. Con base a esto, se realizó un experimento en el cual se evaluó la técnica de mono sexado de tilapia en tanques de plástico utilizando diferentes concentraciones de la hormona 17 alfa metiltestosterona con el fin de obtener resultados en menor tiempo, y de igual manera, incrementar el porcentaje de reversión sexual de alevines de una forma más económica.

Consecuentemente el objetivo de este estudio fue evaluar el porcentaje de reversión sexual utilizando la hormona 17 alfa metiltestosterona en diferentes concentraciones y tiempos. Como objetivo específico medir el porcentaje de reversión sexual utilizando la hormona de 17 alfa metiltestosterona en una concentración de 0.16 mg de hormona por kg de alimento comercial en un tiempo de 21 y 28 días.

Materiales y Métodos

Ubicación

El experimento se llevó a cabo en el mes de noviembre de 2024, culminando en abril de 2025, en la unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer” en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el km 30, en la carretera de Tegucigalpa hacia El Paraíso Valle del Yegüare, Municipio de San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Honduras, a una altitud de 800 msnm, presentando una temperatura promedio anual de 26 °C.

Tratamientos y Unidades Experimentales

Se usaron nueve tanques de plástico de 88 cm de ancho, 56 cm de alto, y un volumen de 200 litros por tanque. Se utilizó una densidad de 100 alevines por tanque ($500/m^3$) y frecuencia de alimentación con alimento hormonado de cuatro veces al día, estos parámetros fueron adaptados de un estudio realizado por Estrada y Lagos (2022).

Los tratamientos evaluados fueron:

Control: concentración de 0.12 mg de hormona por kg de alimento en 28 días.

Tratamiento 1: concentración de 0.16 mg de hormona por kg de alimento en 28 días/80 mL-SM/kg-alimento.

Tratamiento 2: concentración de 0.16 mg de hormona por kg de alimento en 21 días/80 mL-SM/kg-alimento.

Siembra

Una vez finalizado el proceso de incubación embrionario los alevines de tilapia roja fueron sembrados en los nueve tanques de plástico bajo la misma densidad, utilizando agua del reservorio de la unidad de acuicultura. Pevio a la siembra se tomó una muestra representativa del lote de alevines previo a colocarlos en los tanques.

Alimentación

La cantidad de alimentación se determinó a partir de la densidad que se sembró en cada tanque utilizando las tablas de alimentación usadas en la unidad de acuicultura (Anexo D), la ración se fue aumentando al paso de los días con una frecuencia de alimentación de cuatro veces al día, dos veces por la mañana y dos veces por la tarde. El alimento utilizado fue el concentrado comercial Pesketa con un 45% de proteína cruda y la hormona 17 alfa metiltestosterona “Acuagranja”, el cual fue suministrado a 28 y 21 días.

Análisis Descriptivo

La efectividad de reversión sexual, índice de conversión alimenticia (ICA) y la sobrevivencia fueron analizados mediante estadística descriptiva sabiendo que esta es una técnica de investigación cuantitativa.

Análisis Inferencial

Para las variables de calidad de agua se utilizó un análisis inferencial utilizando el programa, sistema de análisis estadístico (SAS) en el que se emplearon las pruebas de Kruskal Wallis/Wilcoxon y gráficos de comparación de medias y desviaciones estándar.

Variables Evaluadas

Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno gaseoso que se disuelve en el agua. La concentración de este elemento es una consecuencia del oxígeno del medio ambiente y a la misma vez consumida por los organismos vivos (Hernandez et al., 2016). El oxígeno disuelto se expresa en mg/L, y se utilizó el medidor de oxígeno Milwaukee® MW600. Es de suma importancia mantener una adecuada cantidad de oxígeno disuelto ya que este permitirá condiciones adecuadas a los alevines en los tanques de plástico.

Amonio

La presencia de amoníaco en el agua eleva la demanda de oxígeno en los tejidos de las branquias y reduce la eficiencia de la sangre para transportar oxígeno (Carvajal, 2014). El amonio se midió con el API® Freshwater Master Test Kit. La medición se realiza llenando por medio de colorimetría.

pH

El pH, conocido como potencial de hidrógeno, refleja el nivel de acidez o alcalinidad de una solución en una escala de 0 a 14. Un pH de 7.0 indica una solución neutra, mientras que valores por debajo de 7.0 corresponden a soluciones ácidas y valores por encima de 7.0 a soluciones alcalinas (Kubitza, 2022). El pH se midió cada tres días durante el experimento con el API® Freshwater Master Test Kit.

Temperatura

La temperatura es un factor importante que afecta el crecimiento y la supervivencia de todos los organismos. Sin embargo, la temperatura del agua es particularmente importante para el crecimiento y la supervivencia de los peces y otras acuiculturas para los animales porque son poiquilotérmicos (Boyd, 2018). La temperatura se midió con el termómetro digital para acuario Zacro®. Se midió en grados Celsius (°C) y este se midió cada tres días en la mañana y en la tarde, de inicio a fin del experimento.

Variables Productivas

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia (ICA) es la relación entre el alimento suministrado y la conversión a peso vivo. El índice de conversión alimenticia (ICA) representa la cantidad de alimento necesaria para lograr una unidad de incremento en el peso corporal del animal (Paz et al., 2019) y se calculó con la fórmula 1:

$$ICA = \frac{\text{Alimento suministrado}}{\text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial}} \quad [1]$$

Sobrevivencia

La sobrevivencia fue el resultado del muestreo hecho al final del experimento, comparando número de animales recolectados con los sembrados mediante un conteo manual utilizando recipientes de plástico y una red de mano.

Resultados y Discusión

Reversión Sexual

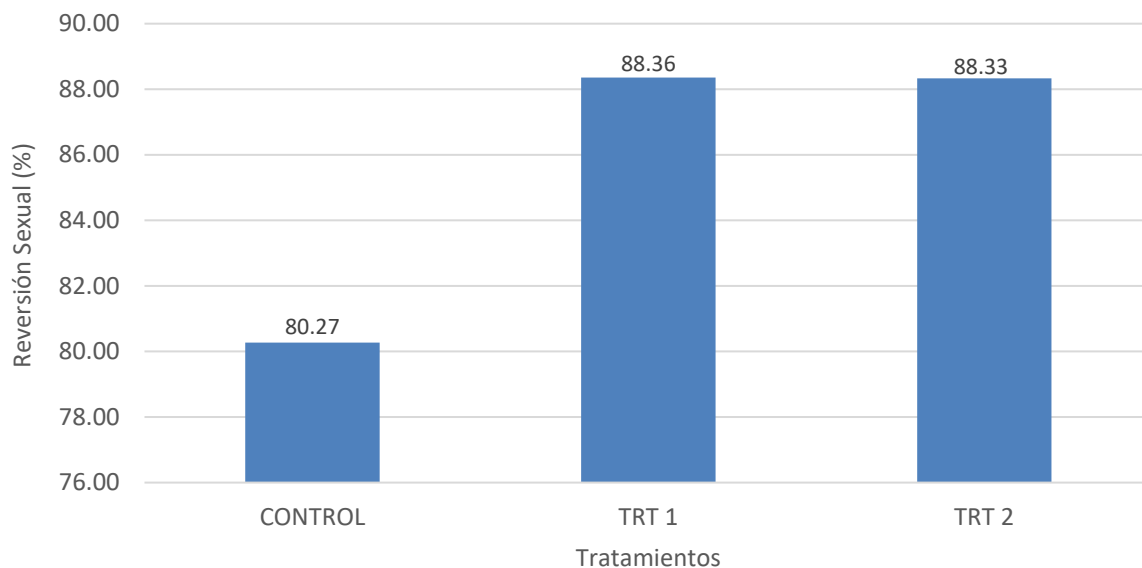
La reversión sexual con hormonas es el método más utilizado durante el ciclo de reproducción de tilapia para la producción de alevines monosexo. Esta reversión sexual corresponde a la etapa reproductiva de la tilapia y se aplica para evitar desequilibrios en el crecimiento que ocurren en poblaciones mixtas (machos y hembras), enanismo o competencia. En consecuencia, se obtienen poblaciones monosexuales de machos que aumentan al doble de tamaño que las hembras y con una mayor velocidad, tienen mejores depósitos de grasa y evita la sobrepoblación, así mismo, se menciona que la eficacia de la reversión sexual varía de 95 a 100%.

Sin embargo, para confirmar su éxito de manera precisa, se debe evaluar un porcentaje de la población de al menos el 10%. En esta evaluación, se observan las gónadas visibles de los individuos: los machos presentan una gónada alargada, mientras que las hembras tienen una gónada circular con una línea transversal en el centro. Este análisis permite verificar la proporción de cada sexo y asegurar que el proceso de reversión ha sido exitoso en la mayoría de los individuos (Cuéllar Sáenz, 2021).

La Figura 1 muestra que a pesar de que la sobrevivencia final fue afectada por depredación de aves acuáticas, con mayor efecto en el tratamiento TRT 2, los porcentajes de reversión sexual obtenidos fueron elevados: 88.36% en TRT 1 (80 mL SM durante 28 días) y 88.33% en TRT 2 (80 mL SM durante 21 días). El grupo control, con una dosis menor de hormona a 60 mL SM, presentó un 80.27% de machos.

Figura 1

Reversión sexual de tilapia roja (Oreochromis sp.) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de administración de la hormona



Nota. Control = 60 mL SM/kg alimento, 28 días; TRT 1 = 80 mL SM/kg alimento, 21 días; TRT 2 = 80 mL/kg alimento, 28 días

Parámetros Físicoquímicos del Agua

El manejo adecuado de la calidad del agua es esencial durante el proceso de reversión sexual en tilapia, ya que cada parámetro físicoquímico puede influir directamente en la efectividad del tratamiento hormonal. Cuando los peces están expuestos a condiciones inadecuadas de oxígeno, pH o temperatura, experimentan estrés fisiológico, lo que puede interferir con la absorción de la hormona y comprometer el éxito de la masculinización (Rivera y Yopez, 2015). Durante la evaluación de los parámetros físicoquímicos del agua, se observó que todos los tratamientos mantuvieron condiciones dentro de los rangos recomendados para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) (Cuadro 1).

Cuadro 1

Parámetros de calidad de agua en la reversión sexual de tilapia roja (Oreochromis sp.) usando dos concentraciones de solución madre y dos tiempos de administración de la hormona

Tratamiento	pH	Amonio (mg/L)	O.D (mg/L)	Temperatura (°C)
Control	7.545 ± 0.138	0.054 ± 0.104	8.185 ± 1.532	26.55 ± 3.82
TRT 1	7.542 ± 0.173	0.067 ± 0.111	8.180 ± 1.600	26.77 ± 3.80
TRT 2	7.578 ± 0.212	0.038 ± 0.090	8.130 ± 1.499	26.80 ± 4.41
Valor P	0.2074	0.2931	0.9770	0.6627

Nota. TRT: tratamiento; O.D: Oxígeno disuelto. Control = 60 mL SM/kg y 28 días; TRT 1 = 80 mL SM/kg y 28 días; TRT 2 = 80 mL SM/kg y 21 días.

El rango de pH osciló entre 7.542 ± 0.173 y 7.578 ± 0.212 , lo que refleja un medio levemente alcalino, óptimo para la absorción de oxígeno y el metabolismo de la tilapia, lo que coincide con (Hernandez et al., 2016).

El amonio, que es un compuesto tóxico en concentraciones elevadas, se mantuvo en niveles bajos en todos los tratamientos. El TRT 2 – 80 mL SM/kg alimento y 21 días de aplicación presentó el valor más bajo (0.038 ± 0.090 mg/L), mientras que TRT 1 - 80 mL SM/kg alimento y 28 días de aplicación y el grupo control alcanzaron valores de 0.067 ± 0.111 mg/L y 0.054 ± 0.104 mg/L, respectivamente. Según Hanna Instruments (2020) las concentraciones obtenidas son los tolerables para tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Respecto al oxígeno disuelto, los valores se mantuvieron entre 8.13 ± 1.499 y 8.185 ± 1.532 mg/L. Estos resultados indican condiciones altamente favorables para el crecimiento y la conversión alimenticia, ya que superan el umbral mínimo requerido (> 5 mg/L). Dichos datos rondan entre los recomendados por Saavedra (2006). Finalmente, la temperatura promedio se ubicó entre 26.55 ± 3.82 °C y 26.80 ± 4.41 °C, dentro del rango fisiológico adecuado para tilapia (Saavedra, 2006).

En general, los resultados sugieren que en todos los tratamientos se logró mantener una calidad de agua adecuada y homogénea para el desarrollo de los peces. Cabe destacar que, en el tratamiento TRT 2 (80 mL/SM/kg-alimento durante 21 días) se observó una disminución en los niveles de amonio, lo que podría favorecer el bienestar animal y la eficiencia productiva.

VARIABLES PRODUCTIVAS

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia es la diferencia que se encuentra entre la cantidad de alimento suministrado y la ganancia de peso de los peces, en el mismo periodo de tiempo (Boyd, 2022). En el Cuadro 2 se refleja que el tratamiento TRT 2 (80 mL-SM/kg-alimento, 21 días) presentó el valor más bajo con 2.162, seguido por TRT 1 (80 mL-SM/kg-alimento, 28 días) con 2.287, mientras que el grupo control alcanzó el ICA más alto con 2.332. Esto indica que TRT 2 fue el tratamiento más eficiente en términos de conversión alimenticia, Según Craig y Helfrich (2017) el rango óptimo de ICA en tilapia es de 0.9 a 1.3. Es decir, los resultados observados en el Cuadro 2 fueron mayores a los establecidos por la literatura.

Cuadro 2

Comparación del índice de conversión alimenticia (ICA) en la reversión sexual de tilapia roja (Oreochromis sp.) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de administración de la hormona

Tratamiento	ICA
Control	2.332
TRT 1	2.287
TRT 2	2.162

Nota. Control = 60 mL SM/kg y 28 días; TRT 1 = 80 mL SM/kg y 28 días; TRT 2 = 80 mL SM/kg y 21 días.

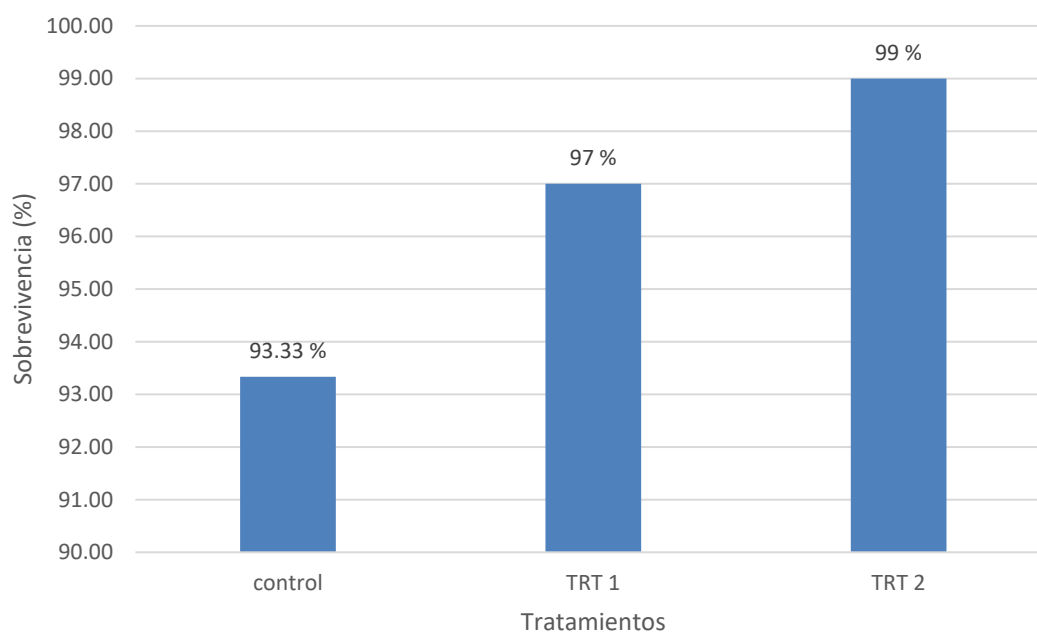
Sobrevivencia

La sobrevivencia de la tilapia (*Oreochromis sp.*) puede ser afectada por distintos factores como ser: oxígeno disuelto, temperatura, amonio, pH, depredación de agentes externos, área adecuada, entre otros (Nurazizah et al., 2021). En la Figura 2 se muestra que al finalizar el periodo de hormonado (día 28), se obtuvieron altos porcentajes de sobrevivencia en los tres tratamientos, con valores superiores al 93%. El tratamiento TRT 2 (80 mL-SM/kg-alimento, 21 días) mostró la mayor sobrevivencia con 99%, seguido de TRT 1 (80 mL-SM/kg-alimento, 28 días) con 97%, y el grupo control con 93.3%. Estos resultados reflejan que la administración de la hormona 17 α -metiltestosterona, en

las concentraciones y tiempos evaluados, no generó efectos adversos sobre la viabilidad de los peces durante la fase crítica de reversión sexual, que coinciden con los reportados por Estrada y Lagos (2022). De acuerdo con Flores (2013) una sobrevivencia mayor a 70% es permitida en la reversión sexual de tilapia.

Figura 2

Sobrevivencia al finalizar los 28 días de hormonado en la reversión sexual de tilapia roja (Oreochromis sp.) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de administración de la hormona



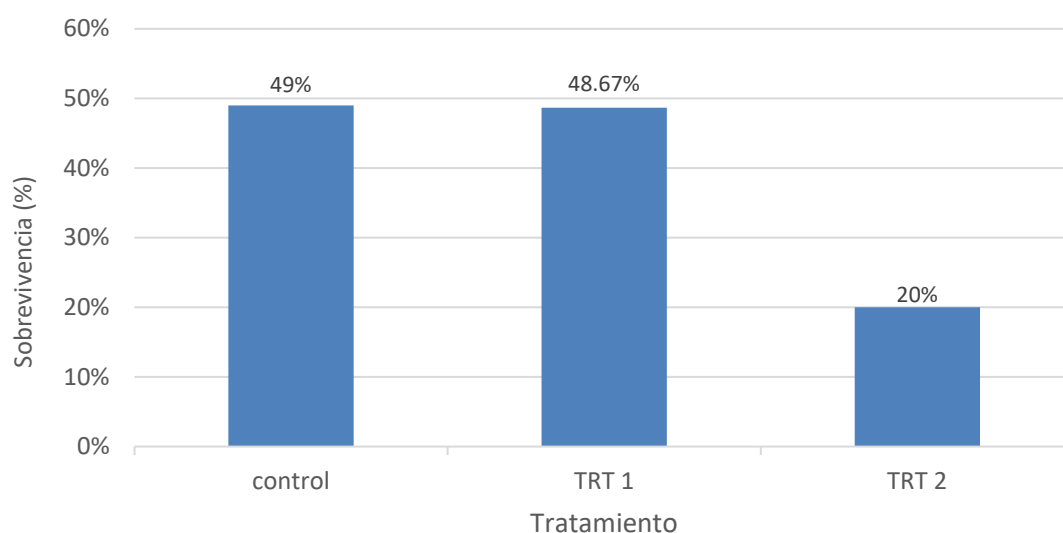
Nota. Control = 60 mL SM/kg alimento, 28 días; TRT 1 = 80 mL SM/kg alimento, 21 días; TRT 2 = 80 mL/kg alimento, 28 días

Sin embargo, en la Figura 3 se muestra que, al finalizar el experimento, los valores finales de sobrevivencia disminuyeron notablemente. El grupo control alcanzó una sobrevivencia final de 49%, TRT 1 (80 mL SM/kg alimento, 21 días) logró 48.67%, mientras que TRT 2 (80 mL/kg alimento, 28 días) presentó una marcada reducción, con apenas 20%. Esta disminución no está relacionada con la calidad del agua ni con los tratamientos hormonales aplicados, sino que fue consecuencia directa de la depredación por aves acuáticas, que afectó principalmente a los tanques asignados a TRT 2.

Esta situación externa al manejo experimental destaca la importancia de implementar medidas preventivas de bioseguridad tales como el uso de redes o estructuras protectoras, que eviten interferencias de fauna silvestre y garanticen la integridad del lote. A pesar del impacto negativo en la sobrevivencia final, los resultados obtenidos al día 28 permiten confirmar que la reversión sexual fue técnicamente segura, sin comprometer la salud de los organismos durante el periodo de administración hormonal.

Figura 3

*Sobrevivencia al finalizar el experimento en la reversión sexual de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) usando dos concentraciones de solución madre y dos diferentes tiempos de suministración de la hormona*



Nota. Control = 60 mL SM/kg alimento, 28 días; TRT 1 = 80 mL SM/kg alimento, 21 días; TRT 2 = 80 mL/kg alimento, 28 días

Conclusiones

La aplicación de la hormona 17 α -metiltestosterona en diferentes concentraciones y tiempos resultó efectiva para inducir la reversión sexual en tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

El uso de hormona en una concentración de 80 mL/kg alimento por 28 días presentó la mayor sobrevivencia al terminar el ciclo de hormonado y mayor porcentaje de reversión sexual, así como parámetros productivos.

El uso de hormona en una concentración de 80 mL/kg alimento por 28 días fue exitoso en términos de reversión sexual y desempeño productivo, siempre que se controlen factores externos.

Recomendaciones

Implementar redes o estructuras anti depredadoras en sistemas de producción acuícola a campo abierto, especialmente durante etapas tempranas del cultivo, para optimizar la tasa de sobrevivencia y garantizar resultados más confiables.

Realizar un estudio de rentabilidad económica que compare los costos y beneficios de aplicar 17 α -MT por 21 vs. 28 días, considerando no solo la reversión, sino también el consumo de alimento, crecimiento y pérdidas.

Repetir el experimento en condiciones comerciales controladas, disminuyendo factores externos, lo cual permitirá validar los resultados obtenidos y perfeccionar la propuesta para su aplicación a escala productiva.

Referencias

- Arboleda Luzón, E. B., Cervantes Alava, A. R., Prado Carpio, E. y Garzón Montealegre, V. J. (2021). Gestión de agronegocios de la tilapia roja (*Oreochromis spp.* O) y su comercialización. *Revista Metropolitana De Ciencias Aplicadas*, 4(2), 58–67. <https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778109008.pdf>
- Boyd, C. E. (2018). *Temperatura del agua en acuicultura*. Global Seafood Alliance. Global Seafood Advocate. <https://www.globalseafood.org/advocate/temperatura-del-agua-en-acuicultura/>
- Boyd, C. E. (2022). *Un bajo índice de conversión alimenticia es el principal indicador de una acuicultura eficiente*. Global Seafood Alliance. Responsible Seafood Advocate. <https://www.globalseafood.org/advocate/un-bajo-indice-de-conversion-alimenticia-es-el-principal-indicador-de-una-acuicultura-eficiente/>
- Carvajal, J. (2014). *Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (Oreochromis spp.) en el Municipio de Puerto Triunfo [Tesis de pregrado]*. Corporación Universitaria Lasallista, Colombia. <https://repository.unilasallista.edu.co/items/0f381e7a-82e1-438a-a9ce-89b0e0cd49ce>
- Craig, S. y Helfrich, L. (2017). *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding* (Virginia Cooperative Extension núm. 420-256). Virginia State University. <https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/24c04f50-8d2f-4b2d-9f8a-9ec3684537a1/content>
- Cuéllar Sáenz, J. A. (2021). *Ciclo reproductivo de la Tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus)*. Veterinaria Digital. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/ciclo-reproductivo-de-la-tilapia/>
- Estrada, S. y Lagos, L. (2022). *Evaluación de tres densidades de siembra en tanques plásticos para la reversión sexual de tilapia gris (Oreochromis niloticus)*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. [Proyecto especial de graduación] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstreams/1b2a05fa-5c43-431c-88f1-9e87d3f8c624/download>
- González, F. (2019). *Indicadores de Producción - Parámetros Físicos y Químicos del agua para Tilapias*. <https://www.pisciculturaglobal.com/indicadores-de-produccion-parametros-fisicos-y-quimicos-del-agua-para-tilapias/>
- Hernandez, C., Trejo, A., Loredo, J. y Gutierrez, G. (2016). *Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (RAS) (4)* [Universidad Autónoma de Tamaulipas]. CrossRef. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2016000400024
- Kubitza, F. (2022). *Importancia del pH en acuicultura*. <https://www.hannacolombia.com/aqua/blog/item/importancia-del-ph-en-acuicultura#:~:text=El%20pez%20solo%20puede%20sobrevivir,%2C5%20a%208%2C5>
- Nurazizah, H., Arthana, W. y Kartika, R. (2021). Effect of Different Stocking Densities on the Growth and Survival Rate of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Seeds in Batur Lake Floating Net Cages. *Advances in Tropical Biodiversity and Environmental Sciences*, 5(2), 50–56. <https://doi.org/10.24843/ATBES.v05.i02.p03>

- Oseguera, M. (2016). *Industria de tilapia en Honduras*. Consejo Hondureño de la Empresa Privada (COHEP). <https://www.digepesca.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2022/09/Perfil-Rubro-de-Tilapia.pdf>
- Paz, P. E., Martínez Turcios, A. D. y Chávez Chávez, J. I. (2019). Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. *Ceiba*(0843), 1–6. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v0i0843.5824>
- Rivera, I. y Yopez, A. (2015). *Diseño e implementación de un prototipo para la medición de calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola*. Universidad Pólitecnica Salesiana Sede Guayaquil, Ecuador. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10328>
- Saavedra, M. (2006). *Manejo cultivo de tilapia*. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

Anexos**Anexo A**

Ubicación de los tanques en la reversión sexual de tilapia roja (Oreochromis sp.) usando dos distintas

dosis de hormona y dos distintos tiempos



Anexo B

Medición de parámetros de calidad de agua en la reversión sexual de tilapia roja (Oreochromis sp.)

usando dos distintas dosis de hormona y dos distintos tiempos



Anexo C

Pesaje y traslado de los alevines después del tiempo de reversión sexual



Anexo D

Tablas de alimentación usadas en la reversión sexual en la Unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer”

Control (60 ml SM/KG de alimento en 28 días)		
Día	Dosis en gramos/Día por estanque de 100 alevines/Estanque	Dosis en gramos/Tiempo de alimentación
1	0.05	0.0125
2	0.05	
3	0.05	
4	0.05	
5	0.05	
6	0.05	
7	0.1	0.025
8	0.1	
9	0.1	
10	0.1	
11	0.1	
12	0.1	
13	0.15	0.0375
14	0.15	
15	0.15	
16	0.1	0.025
17	0.1	
18	0.1	
19	0.1	
20	0.1	
21	0.15	0.0375
22	0.15	
23	0.2	0.05
24	0.2	
25	0.25	0.0625
26	0.25	
27	0.3	0.075
28	0.35	0.0875

Tratamiento #1, (80ml SM/KG alimento en 28 días)		
Día	Dosis en gramos/Día por estanque de 100 alevines/Estanque	Dosis en gramos/Tiempo de alimentación
1	0.05	0.0125
2	0.05	
3	0.05	
4	0.05	
5	0.05	
6	0.05	
7	0.1	0.025
8	0.1	
9	0.1	
10	0.1	
11	0.1	
12	0.1	
13	0.15	0.0375
14	0.15	
15	0.15	
16	0.1	0.025
17	0.1	
18	0.1	
19	0.1	
20	0.1	
21	0.15	0.0375
22	0.15	
23	0.2	0.05
24	0.2	
25	0.25	0.0625
26	0.25	
27	0.3	0.075
28	0.35	0.0875

Tratamiento #2, (80ml SM/KG alimento en 21 días)		
Día	Dosis en gramos/Día por estanque de 100 alevines/Estanque	Dosis en gramos/Tiempo de alimentación
1	0.05	0.0125
2	0.05	
3	0.05	
4	0.05	
5	0.05	
6	0.05	
7	0.1	0.025
8	0.1	
9	0.1	
10	0.1	
11	0.1	
12	0.1	
13	0.15	0.0375
14	0.15	
15	0.15	
16	0.1	0.025
17	0.1	
18	0.1	
19	0.1	
20	0.1	
21	0.15	0.0375