

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación de diferentes densidades de siembra a través de parámetros de
calidad de agua y variables de productividad durante la reversión sexual en
tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)**

Estudiante

Lucila Arely Cerna Portillo

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Maria Fernanda Oyuela M.Sc.

Honduras, junio 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora del Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Materiales y Métodos	12
Ubicación	12
Unidad Experimental	12
Tratamientos	12
Tratamiento 1	12
Tratamiento 2	12
Tratamiento 3	12
Manejo de Unidades Experimentales	13
Siembra	13
Alimentación	13
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	13
Variables de Calidad de Agua	14
Oxígeno Disuelto	14
Temperatura	14
Amonio	14
pH	14
Variables de Producción	15
Sobrevivencia	15
Biomasa	15
Índice de Conversión (ICA)	15

Resultados y Discusión.....	16
Parámetros Físicoquímicos del Agua.....	16
Sobrevivencia	17
Biomasa	18
Índice de Conversión Alimenticia (ICA)	19
Conclusiones	20
Recomendaciones.....	21
Referencias.....	22
Anexos.....	24

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Parámetros de calidad de agua durante la reversión sexual de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>), evaluando tres densidades de siembra.....	17
Cuadro 2 Comparación de sobrevivencia (%) en la reversión sexual de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) usando tres densidades de siembra.....	18
Cuadro 3 Comparación de biomasa en la reversión sexual de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) usando tres densidades de siembra.....	19
Cuadro 4 Comparación del índice de conversión alimenticia (ICA) en la reversión sexual de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) usando tres densidades de siembra.	19

Índice de Anexos

Anexos A Colocación y ubicación de los tanques para la reversión sexual en tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) estableciendo las tres densidades de siembra con cuatro repeticiones.....	24
Anexos B Transporte y aclimatación de la incubadora hacia los tanques de reversión sexual.....	25
Anexos C Colocación de alevines a los tanques de plástico	26
Anexos D Colocando las raciones de alimentación a los frascos para suministra el alimento a los alevines.....	27
Anexos E Medición de parámetros de calidad (pH y amonio)	28
Anexos F Conteo y pesaje de los alevines ya a los 28 días de edad.	29
Anexos G Costos de materiales utilizados durante el experimento.....	30

Resumen

En tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), la reversión sexual es la práctica que da la oportunidad de generar y aumentar la cantidad de alevines machos para maximizar el engorde de tilapia. El objetivo de este experimento fue evaluar los parámetros productivos y los parámetros de calidad de agua, utilizando tres diferentes densidades de siembra con cuatro repeticiones que consistieron 160, 180 y 200 alevines/tanque. Las unidades experimentales utilizadas fueron doce tanques de plástico con un volumen de 200 litros, donde se sembraron los alevines los cuales contaban con 0.009 g de peso inicial. El experimento duró 28 días, alimentando los alevines en ocho raciones diarias, dividiéndolas en dos tiempos, así mismo, las dosis usadas diariamente fueron ajustándose conforme la edad de los alevines, suministrando la hormona 17 alfa-metiltestosterona en combinación con el concentrado comercial Aquaxcel® 45% de PC. Se realizó un diseño completamente al azar (DCA) y un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de separación de medias de Duncan con significancia de $P \leq 0.05$. La temperatura, oxígeno disuelto, amonio y pH estuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de tilapia. La sobrevivencia fue mayor en comparación con experimentos previos de la unidad acuícola de Zamorano, con porcentajes de sobrevivencia de: 99.53%, 97.22% y 98.13% para 160, 180 y 200 alevines/tanque, respectivamente. Las densidades utilizadas fueron las adecuadas para la reversión sexual en tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), puesto que, reflejaron resultados de biomasa e índices de conversión alimenticia más eficientes a los esperados.

Palabras clave: Alevín, conversión alimenticia, densidad, sobrevivencia

Abstract

In gray tilapia (*Oreochromis niloticus*), sex reversal is a practice that provides the opportunity to generate and increase the number of male fry to maximize tilapia growth. The objective of this experiment was to evaluate the productive parameters and water quality parameters using three different stocking densities with four replicates consisting of 160, 180, and 200 fry/tank. The experimental units used were twelve plastic tanks with a volume of 200 liters, where the fry were stocked with an initial weight of 0.009 g. The experiment lasted 28 days, with the fry being fed eight daily rations. The daily doses were adjusted according to the fry's age, providing the hormone 17 alpha-methyltestosterone in combination with the commercial feed Aquaxcel® 45% CP. A completely randomized design (CRD) and analysis of variance (ANOVA) were conducted, followed by a Duncan's multiple range test with a significance level of $P \leq 0.05$. The temperature, dissolved oxygen, ammonia, and pH were within the optimal ranges for tilapia cultivation. Survival rate was higher compared to previous experiments conducted at the Zamorano aquaculture unit, with survival percentages of 99.53%, 97.22%, and 98.13% for 160, 180, and 200 fry/tank, respectively. The densities used were appropriate for sex reversal in grey tilapia (*Oreochromis niloticus*), as they reflected more efficient biomass and feed conversion rates than expected.

Keywords: Density, feed conversion, fry, survival.

Introducción

Tanto la creciente población mundial como el aumento en los ingresos per cápita en países emergentes, como China e India han incrementado la demanda global de alimentos, entre ellos los hidrobiológicos, cuyo crecimiento se estimó en 1.5% anual para el periodo comprendido entre 1961-2015, estudios posteriores muestran un consumo per cápita de 20.5 kg para el año 2017 (González 2018). Estos niveles de consumo son suplidos en su mayoría por la producción acuícola, siendo esta la principal razón del flujo continuo de carne de pescado para consumo humano (González 2018). En el año 2013 la cantidad producida de alimentos, generada por las explotaciones acuícolas superó la producción de carne bovina a nivel mundial (Platas-Rosado et al. 2017).

La producción acuícola se centra en un grupo no mayor a 10 especies, en donde la tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) ocupa la segunda producción más grande a nivel mundial, dicha especie contribuyen con un 20% del volumen total de peces producidos para consumo humano, teniendo crecimientos promedios del 85% en los años 1984-1992, la especie de tilapia gris (*O. niloticus*) es la más consumida seguida de la *O. mossambicus* (Hurtado 2005).

La importancia comercial gozada por ambas especies de tilapia es atribuible tanto a las propiedades organolépticas de la carne como a las características productivas, haciendo referencia a la tilapia como animales de rápido crecimiento, alta capacidad reproductiva, ciclos reproductivos conocidos, resistencia a enfermedades y tolerancia a densidades de cultivo elevadas (Saavedra 2006).

La elevada importancia en el mercado de productos hidrobiológicos de la tilapia gris (*O. niloticus*), así como la demanda creciente, impulsa mejoras en la eficiencia del sistema y la optimización de procesos, tales como la reversión sexual, proceso que consiste en la transformación de los alevines de distintos sexos en machos, haciendo uso de elementos hormonales (Jiménez y Arredondo 2000), buscando una mayor proporción de peces machos, debido a las dificultades productivas que tienen las hembras de esta especie, la relevancia de esta etapa del proceso productivo es porque el crecimiento en la industria de la tilapia se puede asociar al uso de animales mono sexo complementados con manejo técnico y alimentos balanceados (Palomo A et al. 2016).

Si bien la reversión sexual se basa en el uso de andrógenos (17 alfa-metil-testosterona), empleados durante 28 días. El método consiste en la mezcla homogénea de concentrado y la hormona que contiene 60 mL de solución madre, 500 mL de alcohol 95% y 1 kg de alimento balanceado, generando hasta un 94.5% de alevines machos (Ruiz Azañero 2017).

Para generar los resultados deseados, muchos otros factores, como los ambientales tiene influencia sobre el sexo de los animales, siendo los más sugeridos como agentes modificadores en la proporción de machos/hembras en la población, la temperatura y el pH (Vidal López et al. 2008), esto implica que la optimización de los procesos de reversión sexual necesariamente integran el control/medición de las variables ambientales y las establecidas por el productor.

La toma de los parámetros de calidad de agua es indispensable para la productividad en la producción de alevines, deben tomarse en tiempo y forma con el fin de generar datos verídicos. La temperatura optima esta entre 28 y 32 °C, los peces dejarán de comer si la temperatura desciende por debajo de los 15 °C, y no vivirán mucho tiempo si la temperatura desciende por debajo de los 12 °C, además, el crecimiento de la tilapia también se puede ver afectado por el pH, su desarrollo se reduce con la acidez del agua y tolera hasta pH de 5. El pH alto no afecta su desarrollo y el límite se encuentra en 10. Las condiciones óptimas se encuentran en un rango de pH de 6 a 9 (Saavedra 2006). En referencia al oxígeno disuelto, el parámetro más importante a medir se recomienda mantener al menos 3 mg/L (ppm) en todo momento. Un sistema intensivo debe ser al menos 5 mg/L el mínimo ideal (González 2018). Así mismo, se debe tener precaución con el amonio ya que es toxico y se vuelve más tóxico a medida que aumenta el pH y la temperatura del agua. El rango aceptable para tilapia es 0.6-2.0 mg/L, puede variar entre 0.01 y 0.1 mg/L. Niveles de alrededor de a 2 mg/L son letales (Flores 2019).

En la unidad de acuicultura de la Escuela Agrícola Panamericana, se ha implementado la práctica de reversión sexual de alevines de tilapia gris (*O. niloticus*), aumentado ingresos y generando mayor demanda en esta área. Se determinó la realización de un estudio con la práctica de mono sexado de alevines a través de la reversión sexual de 28 días, por ende, con la utilización de tanques

de plástico como infraestructura, se genera una técnica más económica y rentable. Por ello surgió la evaluación de este experimento, con la intención de proveer densidades de siembras eficientes y de esta forma se obtuvo alevines con mayor desarrollo de forma más económica. Los objetivos de este experimento fueron: evaluar densidades de siembra para la reversión sexual, y su efecto sobre parámetros productivos; evaluar los parámetros de calidad de agua en los diferentes tratamientos y determinar la sobrevivencia en los diferentes tratamientos.

Materiales y Métodos

Ubicación

La fase experimental se llevó a cabo en la unidad de acuacultura “Daniel E. Meyer” localizada en la Escuela Agrícola Panamericana, kilómetro 30, carretera de Tegucigalpa a Danlí, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, durante los meses de octubre a noviembre del 2022, el área de estudio posee un clima seco tropical con una temperatura promedio de 26 °C con una precipitación media anual de 1,100 mm y ubicada a 800 msnm.

Unidad Experimental

Se utilizaron 12 tanques de plástico con forma circular los cuales tienen la capacidad de 200 litros de volumen, con dimensiones 88 cm de ancho y 56 cm de alto. Se inició con el llenado de los experimentales con agua obtenida de la Laguna de Monte Redondo.

Se colocó una piedra difusora en cada tanque marca Sweetwater® con dimensiones de 3 cm × 7 cm las cuales tienen la función de producir burbujas de tamaño mediano mejorando de esta forma la aireación, con la ayuda de un blower regenerativo marca Hurricane® se generó oxígeno a los tanques experimentales.

Tratamientos

Los tratamientos se definen como una densidad de siembra, en el experimento se utilizaron tres unidades de siembra con cuatro repeticiones por cada tratamiento, con un total de 12 unidades experimentales, los tanques fueron colocados en el invernadero de la unidad experimental. Las densidades de siembra utilizadas se dividieron en tres tratamientos:

Tratamiento 1

160 alevines/tanque de 200 litros

Tratamiento 2

180 alevines/tanque de 200 litros

Tratamiento 3

200 alevines/tanque de 200 litros

Manejo de Unidades Experimentales

Siembra

Durante este proceso se establecieron las unidades experimentales bajo los tratamientos descritos anteriormente, después de la incubación embrionaria de los alevines de tilapia gris (*O. niloticus*), fueron colocados en los tanques con la densidad requerida en cada tratamiento, con un peso promedio inicial de 0.009 g, se colocaron tres densidades diferentes para un total de 2,160 animales, el conteo se realizó manualmente y la siembra se ejecutó en el invernadero de la unidad, la práctica se generó en un horario matutino para evitar estrés térmico en los alevines ya que las temperaturas en el invernadero son relativamente altas, por lo tanto, antes de mover los alevines de la incubadora se igualó la temperatura del agua de transporte para colocarlos en los tanques, creando de esta forma una aclimatación, evitando el shock térmico en el animal.

Alimentación

La alimentación se realizó con el concentrado Aquaxcel® con 45% PC tratada con la hormona 17 alfa-metiltestosterona. La alimentación diaria se dividió en ocho raciones, las cuales fueron divididas en dos tiempos (am y pm). Las dosis diarias usadas para la alimentación se ajustaron con la tabla de raciones para 2,000 alevines utilizada en la Unidad de Acuicultura de Zamorano, así mismo, las dosis se fueron cambiando conforme la edad de los alevines.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se usó un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo, con una significancia de $P \leq 0.05$. Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA), con el programa JMP® Software from SAS (versión 16.0). En los casos necesarios se empleó la separación de medias de Duncan, se evaluaron la existencia de diferencia entre los parámetros productivos y parámetros de calidad de agua.

Variables de Calidad de Agua

Los parámetros de calidad de agua fueron monitoreados durante los 28 días de reversión sexual en los alevines de tilapia gris (*O. niloticus*).

Oxígeno Disuelto

Este parámetro es el principal para garantizar un buen crecimiento y sobrevivencia de los peces. Describe la concentración de oxígeno gaseoso disuelto en agua y se expresa en mg/L. El oxígeno disuelto se midió todos los días, una vez por la mañana y otra por la tarde. Para el experimento se utilizó un medidor de oxígeno YSI® Pro20A Meter.

Temperatura

Este parámetro fue medido en grados Celsius, dos veces en el día, una vez en la mañana y otra en la tarde. Estos datos se obtuvieron del medidor de temperatura YSI® Pro 20A Meter.

Amonio

El amonio proviene de el excremento de los peces, los residuos de concentrado y la degradación de productos orgánicos. Este parámetro fisicoquímico muestra la concentración de dos compuestos de nitrógeno, el ion amonio (NH_4^+) que presenta una toxicidad baja y el ion amonio no ionizado (NH_3) presenta alto nivel de toxicidad. El amonio se midió dos veces por semana (jueves y domingo), utilizando "API test kit amonio". La prueba de amonio se realizó agregando ocho gotas de dos soluciones de amonio ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) a un tubo de ensayo limpio con 5 mL de agua. Sosteniendo el frasco de vidrio en posición vertical, se agito rápidamente. Se esperó cinco minutos para que se expresara el color y finalmente se comparó la solución con la variabilidad de tonalidades de la tabla de amonio.

pH

El pH indica el contenido de acidez o bases en el agua. El pH se midió dos veces por semana (jueves y viernes), utilizando el "kit de pH API". La prueba de pH se realizó colocando 5 mL de agua en un tubo de ensayo limpio, agregando tres gotas de solución de pH, manteniendo el tubo de ensayo

vertical para que las gotas sean uniformes y tapando el tubo de ensayo. Se mezcló la solución agitando el tubo varias veces, leyendo el resultado se comparó el color de la solución con la tabla de pH.

Variables de Producción

Estas variables se determinaron con el pesaje final que se realizó en el experimento, utilizando la balanza digital Ohaus® Scout SPX622, se pesaron todos los animales por cada unidad experimental, dando a conocer los porcentajes de sobrevivencia, biomasa e índice de conversión alimenticia.

Sobrevivencia

Esta variable es el porcentaje de animales que sobrevivieron al final del muestreo, calculando la cantidad de animales recolectados al final del experimento con los sembrados al inicio, calculado según la fórmula 1. El conteo de los animales se realizó manualmente con la ayuda de una red de mano.

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = (\text{Peces cosechados} / \text{Peces sembrados}) \times 100 \quad [1]$$

Biomasa

La biomasa indica el peso total de los animales. La biomasa se calculó con el pesaje realizado a cada uno del tratamiento al final del experimento. Se determinó la biomasa multiplicando el peso final de los alevines por la densidad indicada. Para calcular esta variable se utilizó la fórmula 2.

$$\text{Biomasa} = \text{Cantidad de alevines} \times \text{peso promedio final} \quad [2]$$

Índice de Conversión (ICA)

Esta variable nos da una idea de la capacidad del animal para convertir el alimento en biomasa durante el ciclo de producción (Zafra Trelles et al. 2019). Se utilizó la fórmula 3 para calcular esta variable.

$$\text{ICA} = \text{Alimento Suministrado} / \text{Biomasa Final} - \text{Biomasa Inicial} \quad [3]$$

Resultados y Discusión

Parámetros Físicoquímicos del Agua

El monitoreo de la calidad del agua durante la reversión sexual es esencial. De esta forma, es posible reducir los sesgos relacionados con la eficiencia hormonal, mayor sobrevivencia y peso. Oxígeno disuelto, temperatura, pH y amonio, fueron los parámetros de calidad de agua medidos durante la reversión sexual, durante veintiocho días. Estos parámetros se midieron para gestionar mejor la calidad agua y su interacción con el medio ambiente. Manteniendo un control contra enfermedades y estrés que puedan presentar los alevines (FAO (2011)).

El Cuadro 1 indica el comportamiento de la temperatura durante la reversión sexual asociado a los diferentes tratamientos. Las temperaturas registradas durante los 28 días oscilaron entre 28.0 y 31.94 °C, cabe recalcar que estos datos se ajustaron a Saavedra (2006) cuando menciona que los parámetros óptimos para la tilapia gris (*O. niloticus*) varían entre 28 y 32 °C. Sin embargo, toleran altas temperaturas, hasta 37 y 42 °C por períodos cortos. No hubo diferencia ($P > 0.05$) en los parámetros de temperatura tomados en la mañana y tarde.

Por otro lado, el oxígeno disuelto promedio varió entre 6.84 y 7.01 mg/L. Según Balbuena et al. (2011), la concentración del oxígeno disuelto no debe ser menor a 3 mg/L y no debe superar 10 mg/L. A niveles más bajos de oxígeno, se reduce la ingesta de alimentos y, por lo tanto, el crecimiento (Pérez et al. 2015). No hubo diferencia ($P > 0.05$) en los parámetros de oxígeno disuelto tomados en la mañana y tarde.

El promedio del pH fue de 8.05 a 8.34, por lo tanto, convergen a rangos óptimos entre 7.5 y 8.5 según Mayer (2012), en el pH se encontró diferencias ($P \leq 0.05$) en la densidad de 180 alevines/200 L.

Finalmente, el amonio apareció en promedio en el rango de 0.11 a 0.14 mg/L. Los resultados están dentro del rango de Hurtado (2001), afirma que la tilapia no puede tolerar niveles superiores a 1.5 mg/L. No hubo diferencia ($P > 0.05$) en los parámetros de amonio tomados en la mañana y tarde.

Cuadro 1

Parámetros de calidad de agua durante la reversión sexual de tilapia gris (Oreochromis niloticus), evaluando tres densidades de siembra.

TRT	T° (am)	T° (pm)	OD (am)	OD (pm)	pH	Amonio (mg/L)
160 alv/Tk	28.0 ± 1.83	31.76 ± 2.24	6.84 ± 1.12	6.51 ± 1.48	8.22 ± 0.20 ^a	0.14 ± 0.16
180 alv/Tk	28.13 ± 1.66	31.94 ± 2.04	7.01 ± 1.21	6.45 ± 1.60	8.05 ± 0.33 ^b	0.11 ± 0.13
200 alv/Tk	28.18 ± 1.89	31.66 ± 2.30	6.81 ± 1.07	6.54 ± 1.51	8.34 ± 0.24 ^a	0.13 ± 0.19
Probabilidad	0.7397	0.6751	0.423	0.9218	0.0005	0.8197
CV(%)	6.44	6.94	6.46	6.96	3.29	18.30

Nota. TRT = Tratamiento; alv/Tk = alevines/tanque; T° = Temperatura; OD = Oxígeno Disuelto; CV = Coeficiente de Variación; ab Medias con

letras diferentes entre filas difieren a $P \leq 0.05$.

Sobrevivencia

La sobrevivencia de la tilapia gris (*O. niloticus*), puede verse influenciada por varios factores como: oxígeno disuelto, temperatura, amonio, pH, depredación, factores externos, densidades inadecuadas, entre otros (Nurazizah et al. 2021).

En el estudio se utilizaron un total de 2,160 alevines, de los cuales 2,122 sobrevivieron al final. Esto resulta en una sobrevivencia total de 98%. En general, la sobrevivencia de los alevines durante el experimento fue elevada y consistente. La tasa de sobrevivencia fue de 99.53% con la densidad de 160 alevines/200 L, 97.22% de sobrevivencia con la densidad de 180 alevines/200 L y 98.13% de sobrevivencia con la densidad de 200 alevines/200 L.

Los valores de sobrevivencia son superiores a los registrados por Ramírez (2015), quien reporta tasas de sobrevivencia más bajas (52 y 61%) utilizando 400 alevines por tanque. Este efecto puede ser resultado de la menor cantidad de alevines que contenía el tanque, buena nutrición y parámetros óptimos de calidad del agua como oxígeno disuelto, temperatura, pH y amonio (Gonzalez et al. 2022).

Según Gonzalez et al. (2022), una tasa de sobrevivencia mayor a 85% es aceptable para la tilapia gris (*O. niloticus*) en la reversión sexual y los resultados de este estudio están por encima de este rango. En la variable de sobrevivencia se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) en la densidad de 180 alevines/200 L.

Cuadro 2

*Comparación de sobrevivencia (%) en la reversión sexual de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)*

usando tres densidades de siembra.

Tratamientos	Sobrevivencia
160 alv/Tk	99.53 ± 1.026 ^a
180 alv/Tk	97.22 ± 1.023 ^b
200 alv/Tk	98.13 ± 1.024 ^a
Probabilidad	0.001
CV (%)	0.321

Nota. CV: Coeficiente de Variación (%).

Biomasa

El peso y la capacidad de sobrevivencia son factores importantes en la producción de tilapia gris (*O. niloticus*), ya que permiten a los productores obtener mayores ganancias del resultado. El Cuadro 3 muestra que la biomasa final fue de 116.9 g para la primera variante que incluía 160 alevines, 138.2 g biomasa final para la segunda densidad que incluía 180 alevines y 133.4 g biomasa final para la tercera densidad que incluía 200 alevines.

La biomasa final alcanzada con 180 alevines/200 L fue mayor que la biomasa final observada con 160 y 200 alevines/L, respectivamente. La ganancia de peso y la densidad están en relación directa, aunque la biomasa final se ve afectada por la tasa de sobrevivencia (Cuadro 2), en los tratamientos establecidos. Los resultados obtenidos de biomasa final coinciden con recomendaciones para la reversión sexual de alevines de tilapia Poma y Green (1990). Según Atencio-García et al. (2006), cuando se usa una densidad eficiente, los peces crecen más rápido debido al espacio y volumen de agua para un desarrollo óptimo. Las diferentes densidades utilizadas no presentaron diferencias en la biomasa final ($P \leq 0.05$).

Cuadro 3

Comparación de biomasa en la reversión sexual de tilapia gris (Oreochromis niloticus) usando tres densidades de siembra.

Tratamientos	Biomasa
160 alv/Tk	116.9 ± 17.4
180 alv/Tk	138.2 ± 7.8
200 alv/Tk	133.4 ± 13.7
Probabilidad	0.2172
CV (%)	4.77

Nota. CV: Coeficiente de variación (%).

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia es una escala entre el consumo de alimento y la ganancia de peso de los peces durante el mismo período (FAO 2009). El Cuadro 4 refleja la eficiencia de alimentación durante los 28 días de la reversión sexual. El índice de conversión alimenticia fue de 0.82 en el primer tratamiento (160 alevines/200 L), 0.77 en el segundo (180 alevines/200 L) y 0.89 en el tercero (200 alevines/200 L). Según Craig (2017), el rango óptimo de ICA para la tilapia es de 0.8 a 1.3; esto significa que los resultados reflejados en el Cuadro 4 están en el rango óptimo indicado en la literatura. Los resultados en el índice de conversión alimenticia no fueron significativos.

Cuadro 4

Comparación del índice de conversión alimenticia (ICA) en la reversión sexual de tilapia gris (Oreochromis niloticus) usando tres densidades de siembra.

Tratamientos	Índice de conversión alimenticia (ICA)
160 alv/Tk	0.82 ± 0.11
180 alv/Tk	0.77 ± 0.04
200 alv/Tk	0.89 ± 0.09
Probabilidad	0.209
CV (%)	1.65

Nota. CV: Coeficiente de variación (%).

Conclusiones

Los parámetros productivos no fueron afectados por las densidades de siembra y fueron superiores a los generados en experimentos anteriores en la unidad acuícola de Zamorano.

Los parámetros de calidad agua se mantuvieron dentro de los rangos óptimos en los 28 días de reversión sexual de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*).

La sobrevivencia general de los alevines al finalizar los 28 días de reversión sexual del estudio fue de 98%.

Recomendaciones

Realizar más experimentos utilizando diferentes densidades para evaluar el desarrollo en biomasa de los alevines durante la reversión sexual.

Evaluar la eficiencia de la reversión sexual en las diferentes densidades de siembra.

Verificar agentes externos que puedan afectar la sobrevivencia y desarrollo de los alevines.

Referencias

- Atencio-García VJ, Pardo-Carrasco SC, Barrera-Cruz UA, Martínez-Tirado EC. 2006. Efecto de la densidad de siembra en el alevinaje de la dorada. *Rev Col Cienc Pec*, 19(2): 197-203.
- Balbuena-Rivarola ED, Rios-Morinigo VM, Flores-Navas A, Meza J, Galeano A. 2011. Manual Básico de Piscicultura para Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Paraguay. <https://www.fao.org/3/as829s/as829s.pdf>.
- Craig S. 2017. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. Virginia Cooperative Extension; [consultado el 3 de mar. de 2023]. (420-256):2–6. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/80712/FST-269.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas de la Agricultura y Alimentación. 2011. Manual Básico de sanidad Piscícola. Paraguay; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://www.fao.org/3/as830s/as830s.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2009. Cultured aquatic species fact sheets. Estados Unidos: FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; [consultado el 2 de mar. de 2023]. https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletilapia.htm.
- Flores L. 2019. Utilización de hidrofitas en sistemas de recirculación acuícola. Estados Unidos; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://www.was.org/Meeting/Program/PaperDetail/156052>.
- Gonzalez K, Barrueto K, Quevada M, Meza N, Culquichicón Z. 2022. Efecto de la temperatura en el crecimiento de juveniles de *Oreochromis niloticus* tilapia en un sistema de recambio acuícola (RAS). Perú; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/download/299/424>.
- González F. 2018. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. [sin lugar]: FAO. ISBN: 978-92-5-130688-8.
- Hurtado N. 2001. La alternativa social y económica del tercer milenio. Perú; [consultado el 2 de mar. de 2023]. http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_tilapia3milenio.pdf.
- Hurtado N. 2005. Tilapia, La alternativa social y económica del tercer milenio. Perú: nH ingenieros consultores.
- Jiménez MdL, Arredondo J. 2000. Manual técnico para la reversión sexual de tilapia. 1ª ed. México: UAM. ISBN: 970-654-708-8. <https://scholar.google.es/citations?user=kselangaaaaj&hl=es&oi=sra>.
- Mayer E. 2012. Monitoring Pond Water Quality to Improve Production. Estados Unidos; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://thefishsite.com/articles/monitoring-pond-water-quality-to-improve-production>.
- Nurazizah H, Arthana W, Katika A. 2021. Effect of Different Stocking Densities on the Growth and Survival Rate of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Seeds in Batur Lake Floating Net Cages. Indonesia; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ATBES/article/download/69738/40879/>.
- Palomo A, Enríquez R, Gutierrez A, Cazali B, Elías G, Gutierrez R, López L, Gamas F, editores. 2016. Análisis y plan de trabajo estratégico de la agrocadena de la tilapia. 100ª ed. Guatemala: MAGA; [consultado el 2 de mar. de 2022]. <https://www.maga.gob.gt/download/estrategia-ti20.pdf>.

- Peréz M, Sáenz M, Martínez E. 2015. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi - intensivos; [consultado el 2 de mar. de 2023]. 6(1):72–79. <https://ageconsearch.umn.edu/record/232908/>.
- Platas-Rosado D, Hernández-Arzaba J, González-Reynoso L. 2017. Importancia económico y social del sector acuícola en México. AP; [consultado el 2 de mar. de 2023]. 10(2). es. <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/947>.
- Popma T, Green B. 1990. Sex Reversal of tilapia in earthen ponds. Estados Unidos; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=3551&context=usdaarsfacpub>.
- Ramírez SI. 2015. Evaluación de la inversión sexual de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) bajo un sistema de biofloc. Perú; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1922/M40-R3%20-T.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
- Ruiz Azañero GE. 2017. Fecundidad y tasa de sobrevivencia en larvas y alevines de *Oreochromis niloticus* "tilapia" (Linnaeus, 1758) en condiciones de laboratorio [Tesis]. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. spa; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1024>.
- Saavedra M. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua: USAID, University of hawaii HILO, Coastal resources center, CIDEA. http://repositorio.uca.edu.ni/2554/1/2006_manejo_del_cultivo_de_tilapia.pdf.
- Vidal López JM, Contreras Sánchez WM, Álvarez González CA, Hernández Franyutti AA, Hernández Vidal U. 2008. Técnicas de Reversión Sexual Aplicadas en Acuicultura. Kuxulkab; [consultado el 2 de mar. de 2023]. 15(27):49–54. <https://revistas.ujat.mx/index.php/kuxulkab/article/view/850>.
- Zafra Trelles AM, Días Barboza ME, Dávila Gil FA, Fernández Chumbe RE, Vela Alva KA, Guzmán Santiago HH. 2019. Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var. suprema. Peru; [consultado el 2 de mar. de 2023]. <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n2/a19v26n2.pdf>.

Anexos

Anexos A

*Colocación y ubicación de los tanques para la reversión sexual en tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)*

estableciendo las tres densidades de siembra con cuatro repeticiones.



Anexos B

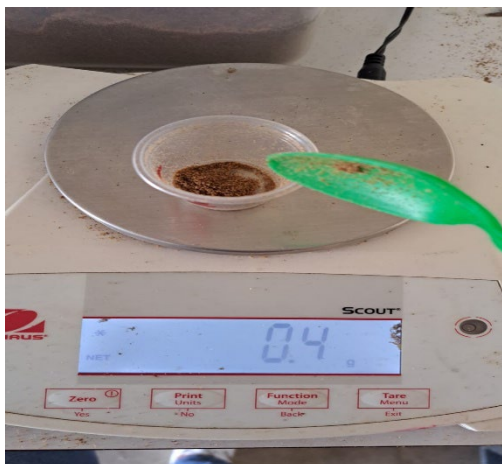
Transporte y aclimatación de la incubadora hacia los tanques de reversión sexual



Anexos C*Colocación de alevines a los tanques de plástico*

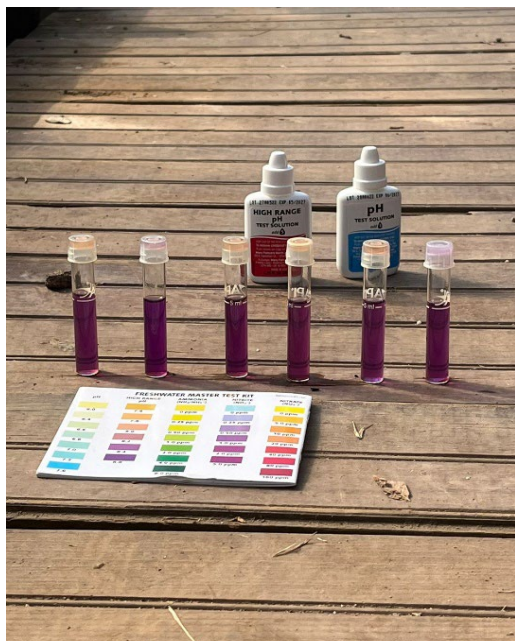
Anexos D

Colocando las raciones de alimentación a los frascos para suministra el alimento a los alevines.



Anexos E

Medición de parámetros de calidad (pH y amonio)



FRESHWATER MASTER TEST KIT		AMMONIA (NH4-N)	
6.0	7.4	0 ppm	0 ppm
6.2	7.6	0.25 ppm	5 ppm
6.4	7.8	0.50 ppm	10 ppm
6.6	8.0	1.0 ppm	25 ppm
6.8	8.2	2.0 ppm	50 ppm
7.0	8.4	4.0 ppm	100 ppm
7.2	8.6	8.0 ppm	150 ppm
7.4	8.8		
7.6			

Anexos F

Conteo y pesaje de los alevines ya a los 28 días de edad.



Anexos G

Costos de materiales utilizados durante el experimento.

Descripción	Cantidad	Precio	Total (\$)
		Unitario (\$)	
Tanques de plástico	12	40.94	491.28
Válvulas de PVC con 1 pulgada de diámetro	12	2.3	27.6
Camisas	12	0.86	10.32
Pie de manguera difusora con 0.20 pulgadas con 0.17 ID	30 pies	0.26	7.8
Api Test Kit para medición de amonio total y pH.	2	24.00	24.00
Termómetro	2	5,00	10.00
Kit medidor de oxígeno	1	46.00	46.00
Kit de fibra de vidrio	1	33.09	33.09
Alevines	1,440	0.033	37.62
Quintal de concentrado Acuaxel con 45% de proteína	1	62.76	62.76
Hormona 17 Alfa metil testosterona	100 gr	450	450.00
Alcohol etílico	1 bote	16.30	16.30
Total			1209.77