

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



Proyecto Especial de Graduación
**Evaluación de tres densidades de siembra en tanques plásticos para la
reversión sexual de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)**

Estudiantes

Sofia Nikole Estrada Guerra
Laurent Clarissa Lagos Mendoza

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.
Maria Fernanda Oyuela, M.Sc.

Honduras, junio 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA 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
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	12
Localización.....	12
Tratamientos y Unidades Experimentales.....	12
Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	12
Siembra.....	12
Alimentación.....	13
Variables Calculadas.....	13
Temperatura.....	13
Oxígeno Disuelto.....	14
Amonio.....	14
pH.....	14
Sobrevivencia.....	14
Biomasa.....	15
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	15
Resultados y Discusión.....	16
Parámetros Físicoquímicos del Agua.....	16
Sobrevivencia.....	17
Biomasa.....	18
Índice de Conversión Alimenticia (ICA).....	19

	4
Conclusiones	20
Recomendaciones	21
Referencias.....	22
Anexos.....	24

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Parámetros de calidad de agua en la reversión sexual de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) usando tres densidades de siembra.....	16
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 (<i>Oreochromis niloticus</i>) usando tres densidades de siembra	19

Índice de Anexos

Anexo A Ubicación de los tanques en la reversión sexual de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) usando tres densidades de siembra	24
Anexo B Medición de amonio en la reversión sexual de tilapia gris (<i>Oreochromis niloticus</i>) usando tres densidades de siembra.	25
Anexo C Muestra de alimentación en los diferentes tratamientos.	26
Anexo D Muestras de pH.	27
Anexo E Separación de alevines por tratamiento y aclimatación previo a la siembra	28
Anexo F Manual utilizado para la reversión sexual	29
Anexo G Costos de materiales utilizados durante el experimento.....	30

Resumen

La reversión sexual en tilapia es una práctica que permite producir animales masculinos para optimizar el engorde. La siguiente investigación tuvo como objetivo evaluar los parámetros de calidad de agua y parámetros productivos en la reversión sexual en tanques de plástico utilizando tres diferentes densidades de siembra de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). La hormona 17 - alphametil testosterona fue suministrada en combinación con el alimento comercial. El experimento se llevó a cabo en un período de 28 días, dentro los cuales los alevines fueron alimentados cuatro veces al día. Al finalizar el experimento se midieron variables como: biomasa, índice de conversión alimenticia, calidad de agua y sobrevivencia. El experimento fue dividido en tres tratamientos: 100, 120 y 140 alevines/tanque, con cuatro repeticiones por tratamiento. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y una prueba Andeva para diferencia de medias. La calidad de agua no reflejó diferencia significativa en ninguno de los parámetros medidos, logrando mantenerse dentro de los rangos óptimos. La sobrevivencia fue mayor al histórico de producción de la unidad de acuicultura donde se realizó el ensayo, con un 98%, 92% y 95% para 100, 120 y 140 animales/tanque, respectivamente. Los resultados para biomasa e ICA fueron mejores a los resultados históricos de la unidad de acuicultura. Las densidades utilizadas fueron adecuadas para la reversión sexual de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) ya que reflejaron un porcentaje de sobrevivencia y biomasa óptimo. Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del agua representaron rangos óptimos para cada tratamiento y su repetición. La cantidad de dosis y alimento suministrado fue óptima, por el alto porcentaje de sobrevivencia y peso alcanzado.

Palabras clave: Biomasa, calidad de agua, índice de conversión alimenticia, hormona, sobrevivencia.

Abstract

Sex reversal in tilapia is a practice that allows the production of monosex fish to optimize growth. The objective of the study was the evaluation of water quality and production parameters during sex reversal carried out in plastic tanks using three different stocking densities of gray tilapia (*Oreochromis niloticus*). The hormone 17-alpha-methyl testosterone was supplied mixed with the commercial diet. The experiment was conducted over a period of 28 days, within which the fry were fed four times a day. At the end of the experiment, variables such as biomass, feed conversion rate (FCR), water quality and survival were measured. The experiment was divided into three treatments: 100, 120 and 140 fry/tank, with four replicates per treatment. A Completely Randomized Design (CRD) and an Anova test for difference of means was used. Water quality parameters did not show significant differences and were found to be within optimal ranges. Survival was higher than the historical production of the aquaculture unit where the trial was conducted, with 98%, 92% and 95% for 100, 120 and 140 animals/tank, respectively. Results for biomass and FCR showed improvements over the historic results for sex reversal at the aquaculture unit. The densities used were adequate for the sex reversion of gray tilapia (*Oreochromis niloticus*) since they reflected an optimal survival and biomass percentage. The results obtained for the physicochemical parameters of the water represented optimal ranges for each treatment and its repetition. The amount of dosage and feed supplied was optimal, due to the high percentage of survival and weight achieved.

Keywords: Biomass, feed conversion rate, hormone, survival, water quality.

Introducción

La acuicultura constituye un rubro estratégico del sector productivo de una nación, siendo una fuente relevante para propiciar condiciones de desarrollo en beneficio de la calidad de vida de las personas. Teniendo presente que la evolución de dichas actividades en aspecto de tecnología, apertura de mercados internacionales; requerimientos de seguridad alimentaria entre otros.

La tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) es caracterizada por su gran adaptabilidad y resistencia. Se considera una de las especies de mejor crecimiento y sobrevivencia dentro de las tilapias, mostrando tolerancia a condiciones de salinidad y una notable aceptación en el mercado consumidor (Hernandez Barraza et al. 2016). Por lo tanto, en las últimas décadas de acuerdo con la FAO (2016) se ha reportado un aumento del consumo mundial de pescado a más de 20 kg anuales per cápita, siendo la tilapia una de las especies más consumidas.

Sumado a ello, el crecimiento poblacional se ha visto reflejado en los últimos años, de manera que se ha notado una alta demanda de alimentos. Es por eso, que se han buscado diferentes alternativas para satisfacer al consumidor ofreciendo variedad de alimentos como ser de origen animal, siendo la tilapia gris (*O. niloticus*) destacada por ser fuente de proteína y rica en vitamina B3, B6 y ácido fólico (Gestión 2015).

Por lo tanto, actualmente los productores han optado por técnicas para maximizar la producción de tilapia. Entre algunas prácticas se encuentra la cosecha de huevos para realizar la incubación artificial en tarros McDonald, reduciendo así el tiempo de incubación y la pérdida de peso de la hembra. Asimismo, los tarros McDonald permiten la continua rotación de los huevos y un flujo constante en ellos. Siendo esto, un movimiento similar de la madre en la boca, al realizar los diferentes movimientos (Prieto y Olivera 2002).

Además, debido a la alta demanda de tilapia gris (*O. niloticus*), hoy en día se buscan diferentes alternativas para mejorar la producción en la etapa de alevines mediante la reversión sexual. Esto se debe en gran manera a los productores acuícolas, ya que prefieren tener una producción de machos

o mono sexo, puesto que estos ganan mayor peso (Maroto Llerena y Velasco Matveev 2019). La reversión sexual en la etapa de alevines es una técnica que productores acuícolas practican mediante la aplicación de 17- α -metiltestosterona (MT) vía oral durante 28 días. Este método consiste en una mezcla homogénea de alimento y hormona que contiene 60 mL de solución madre, 500 ml de alcohol etílico al 95% y 1 kg de alimento balanceado. De tal manera, se puede obtener hasta un 94.5% de alevines machos (Ruiz Azañero 2017).

Por otro lado, se deben tomar en cuenta diferentes factores para lograr un buen rendimiento en la reversión sexual de la tilapia gris. Mantener un constante control de los parámetros fisicoquímicos del agua es indispensable, para la reproducción, producción y sobrevivencia. La temperatura requerida por la tilapia gris 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 y un mínimo de 5 mg/L (González 2019). En referencia a la turbidez, es crucial controlar los sólidos totales, ya que de esa manera se mejoran las condiciones generales del ambiente de cultivo. Las aguas completamente transparentes pueden generar estrés entre los peces y las ricas en sólidos causan problemas de respiración y branquiales (González 2019). Simultáneamente, el pH es un parámetro de producción fundamental en el desempeño de los peces. Dado que, este puede variar en diferentes ocasiones y afectar afectarlos significativamente. El rango del pH oscila entre 6 a 9. Sin embargo, se considera un pH óptimo de 7 a 8 (Hurtado 2005).

Finalmente, el amonio es un subproducto de los residuos de los peces en cultivo. Por lo tanto, este mismo puede causar mortalidad en los alevines, debe fluctuar entre 0.01 mg/L a 0.1 mg/L (valores cercanos a 2 mg/L son críticos). Los niveles de resistencia para la tilapia se encuentran en el rango 0.6 a 2 mg/L (Flores 2019).

La unidad de acuicultura en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ha tenido un mayor auge en cuanto a la producción de alevines en los últimos años, generando mayor demanda y a la vez mayores ingresos. Por consiguiente, se tomó la decisión de realizar un ensayo el cual se emplearía la

técnica de mono sexado. Y de tal manera, aumentar la producción alevines por medio de la reversión sexual. Puesto que, es una forma más económica, en cuanto a las diferentes infraestructuras. Es por eso, que se idealizó este experimento con el objetivo de cumplir con la demanda de la unidad y aumentar ingresos.

Los objetivos del siguiente experimento fueron: determinar densidades óptimas para realizar reversión sexual de alevines en tanques de plástico, cuantificar parámetros de calidad de agua en el proceso de reversión sexual de alevines utilizando la hormona 17 - alfametil testosterona y determinar el porcentaje de sobrevivencia, biomasa e índice de conversión alimenticia de alevines.

Materiales y Métodos

Localización

El experimento se llevó a cabo durante los meses de marzo y abril del 2022, en la unidad de Acuicultura “Daniel E. Meyer,” de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. La unidad está ubicada a 30 Km de Tegucigalpa a una altitud de 800 msnm; presenta una temperatura promedio anual de 26 °C, y precipitación anual de 1,100 mm.

Tratamientos y Unidades Experimentales

En el experimento se evaluaron tres tratamientos con diferentes densidades de siembra y se realizaron cuatro repeticiones por tratamiento. Se colocaron 12 tanques de plástico beneficiándose de una malla de protección durante la noche para reducir la depredación. Los tratamientos evaluados fueron:

Tratamiento 1: 100 alevines/200 L (500/m³)

Tratamiento 2: 120 alevines/200 L (600/m³)

Tratamiento 3: 140 alevines/200 L (700/m³)

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo. Asimismo, un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de medias con el método Newman-Keuls para las variables a medir, con un nivel de significancia $P \leq 0.05$. Se utilizó el programa JMP Software from SAS (versión 16.0)[®].

Siembra

Posteriormente a la incubación embrionaria de los alevines de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), los alevines fueron transferidos a tanques de plástico de 200 L con dimensiones de 88 cm de ancho, 56 cm de alto. De acuerdo con Paz (2016), se recomienda utilizar tanques para alevinaje con una profundidad mínima de 50-75 cm. Previo a la siembra, se tomó una muestra representativa

del lote de alevines para luego, recopilar datos como ser: longitud y peso. La siembra se realizó en horas de la mañana para evitar estrés térmico, debido a la variación de temperatura que podría presentar la ubicación. Así mismo, se realizó la aclimatación de los alevines en los tanques. Antes de transferir los alevines de la incubadora a los tanques, se igualó la temperatura del agua de transporte. De esa manera, se evitó un shock térmico (Saavedra Martínez 2006).

Alimentación

La ración de alimentación se determinó a partir de la densidad de cada tratamiento empleando las tablas de alimentación utilizadas en la unidad de acuicultura. La ración fue ajustada de acuerdo con el protocolo de reversión sexual. La alimentación se dividió en cuatro raciones diarias, suministrando el alimento de forma manual y separada en dos veces en la mañana y dos veces en la tarde. El alimento utilizado fue el concentrado comercial Alcon con 45% de proteína cruda y la hormona 17 - alfametil testosterona "Acuagranja", el cual fue suministrado por 28 días.

Variables Calculadas

Temperatura

La temperatura expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. La temperatura del agua es un factor importante para la tasa de crecimiento de los peces, puede alterar el comportamiento de los peces causando estrés y pérdida de apetito. La temperatura también tiene un impacto en la capacidad del agua de retener oxígeno disuelto, con mayores temperaturas reduciendo esta capacidad de retención (Carvajal Echeverri 2014).

Los datos de temperatura fueron recolectados en la jornada de la mañana y tarde utilizando un termómetro digital para acuario "Zacro" y a su vez, los resultados se registraron en grados Celsius.

Oxígeno Disuelto

El oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno gaseoso que está disuelto en el agua. La concentración de este elemento es consecuencia del oxígeno que entra desde el ambiente y que, a la vez, se consume por los organismos vivos (Universidad Complutense Madrid 2022). Este mismo, se expresa en mg/L. Durante el experimento se utilizó el medidor de oxígeno "YSI Pro20A". Mantener niveles óptimos de oxígeno disuelto es imperativo ya que de esa manera se puede asegurar un buen crecimiento de los peces y una buena sobrevivencia.

Existen muchos factores que pueden disminuir el nivel de oxígeno disuelto en el agua como ser: alimento no consumido, animales muertos, nubosidad y el aumento de sólidos en suspensión (Flores 2019). Una concentración menor a 3ppm, es desfavorable para los alevines ya que tiene el potencial de provocar un alto porcentaje de mortalidad.

Amonio

El amonio proviene de la orina, excreción de los peces, degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido (Flores 2019). El amonio se midió cada tres días con el "API test kit amonio".

pH

El pH se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua (Waterboards 2022). A su vez, indica la acidez o la alcalinidad del agua. Este parámetro fisicoquímico fue evaluado cada tres días durante el experimento con el "kit de pH API".

Sobrevivencia

La sobrevivencia es 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.

Biomasa

En el contexto acuícola, biomasa indica el peso total de organismos vivos o el peso total de una población de peces (GreenFacts 2022). La biomasa se calculó al momento de realizar el muestreo. Se multiplicó la cantidad final de alevines pesados por el peso final como se detalla en la ecuación 1:

$$\text{Biomasa} = \text{Cantidad de alevines} \times \text{peso promedio final} \quad [1]$$

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia (ICA) es la relación entre el alimento suministrado y la conversión a peso vivo. Para obtener este resultado se dividió la cantidad total de alimento suministrado entre la biomasa neta (Paz et al. 2019) usando la ecuación 2:

$$\text{ICA} = \frac{\text{cantidad de alimento suministrado}}{\text{biomasa final} - \text{biomasa inicial}} \quad [2]$$

Resultados y Discusión

Parámetros Físicoquímicos del Agua

Controlar la calidad de agua en la reversión sexual es de vital importancia. De esa manera se logra reducir el sesgo asociado a la efectividad de la hormona, mayor porcentaje de sobrevivencia y peso. Los parámetros medidos durante la reversión sexual fueron: temperatura, oxígeno disuelto, pH y amonio durante veintiocho días. Estos parámetros se midieron con el fin de tener un mayor control del agua y su interacción con el ambiente. Esto, en vista de las enfermedades y estrés al que están expuestos los peces (Rivera Herrera y Yopez Aroca 2015).

Cuadro 1

Parámetros de calidad de agua en la reversión sexual de tilapia gris (Oreochromis niloticus) usando tres densidades de siembra.

TRT	T° (am)	T° (pm)	OD (am)	OD (pm)	pH (am)	pH (pm)	Amonio (ppm)
100 alevines/200L	24.11 ± 1.33	30.33±2.72	6.86±1.28	7.10±1.17	6.97±0.51	7.5±0.17	0.50±0
120 alevines/200L	24.11 ± 1.14	29.94±2.68	6.89±1.07	7.68±6.83	6.94±0.47	7.5±1.26	0.37±0.14
140 alevines/200L	24.32 ± 1.29	30.16±2.79	6.87±1.28	7.16±1.24	6.60±1.14	7.5±1.7	0.50±0
Probabilidad	0.35	0.57	0.98	0.52	0.38	0.60	0.10
CV (%)	5.21	9.04	17.64	55.41	6.43	2.34	20.32

Nota. TRT: tratamiento; T°: Temperatura O.D: Oxígeno disuelto. CV: Coeficiente de variación (%).

En el Cuadro 1 se muestra el comportamiento de la temperatura asociada a los diferentes tratamientos durante la reversión sexual. Los rangos que se registraron a lo largo de los veintiocho días en la temperatura fueron entre 24.11 y 30.33 °C. Dichos resultados coinciden con Saavedra Martínez (2006) al mencionar que los parámetros óptimos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) oscilan entre 20 y 30 °C. Sin embargo, poseen una alta tolerancia térmica de hasta 37 y 42 °C por períodos cortos de tiempo.

Por otro lado, la media de oxígeno disuelto oscilo entre 6.86 mg/L y 7.68 mg/L. De acuerdo con Balbuena (2011), se recomienda que la concentración del oxígeno disuelto no sea inferior a 3 mg/L y no supere 10 mg/L. A menores concentraciones de oxígeno se reduce el consumo de alimento y en consecuencia el crecimiento (Perez et al. 2015).

La media del pH fue de 6.60 a 7.5, por lo cual se aproximan a los rangos óptimos según Boyd (1990) al manifestar que los rangos óptimos oscilan entre 6.5 a 8.5 (Perez Atiencia 2002). En el pH no se encontró diferencia ($P > 0.05$). Finalmente, el amonio presentó una media entre 0.37 y 0.50 mg/L. Un resultado dentro del rango de acuerdo con Hurtado Totocayo (2001) al afirmar que niveles superiores a 1.5 mg/L no son tolerables por la tilapia.

Sobrevivencia

La sobrevivencia de la tilapia (*O. niloticus*) se puede ver afectada por diferentes factores como ser: oxígeno disuelto, temperatura, amonio, pH, depredación de agentes externos, área adecuada, entre otros (Nurazizah et al. 2021).

El porcentaje de sobrevivencia fue de 98% para la densidad de 100 alevines, 92% para la densidad de 120 alevines y 95% para 140 alevines. Los valores de sobrevivencia son mayores a los registrados por Ramirez (2015) al presentar un menor porcentaje de sobrevivencia (52% y 61%) utilizando 400 alevines por tanque. Esto se podría deber a la menor cantidad de alevines por tanques, buena alimentación y parámetros óptimos de calidad de agua como ser: oxígeno disuelto, temperatura, amonio y pH, y a su vez la cero depredación por aves (Flores Barahona 2013).

De acuerdo con Flores Barahona (2013) una sobrevivencia mayor a 70% es aceptable en la reversión sexual de tilapia. Los resultados en esta investigación superan dicho rango. Las diferentes densidades utilizadas no presentaron diferencias ($P > 0.05$).

Cuadro 2

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

Tratamientos	Sobrevivencia
100 alevines/200L	0.98 ± 0.01
120 alevines/200L	0.92 ± 0.05
140 alevines/200L	0.95 ± 0.04
Probabilidad	0.17
CV (%)	4.59

Nota. CV: Coeficiente de variación (%).

Biomasa

El peso y la sobrevivencia son factores determinantes en la producción de tilapia (*O. niloticus*), ya que le permiten al productor obtener una mayor rentabilidad de acuerdo con los resultados. En el Cuadro 3, se refleja una media de biomasa de 43.77 para el tratamiento uno, constando este mismo de 100 alevines, 46.50 para el tratamiento dos, constando de 120 alevines y 55.05 para el tratamiento tres, constando de 140 alevines.

Asimismo, presentó un peso promedio de 0.44 g para el primer tratamiento, 0.42 g para el segundo tratamiento y 0.41 g para el tercer tratamiento. Estos resultados fueron superiores a los reportados por Popma y Green (1990) quienes reportaron un peso promedio de 0.1 a 0.3 g/ alevín. Se puede inferir que la densidad de siembra permitió el desarrollo óptimo durante el periodo del experimento. De acuerdo con Saavedra (2006) cuando se utilizan densidades adecuadas, los peces crecen más rápido por el espacio y la cantidad de agua para su óptimo desarrollo.

Cuadro 3

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

Tratamientos	Biomasa (g)
100 alevines/200L	43.77 ^b ± 2.10
120 alevines/200L	46.50 ^b ± 2.09
140 alevines/200L	55.05 ^a ± 1.66
Probabilidad	<.0001
CV (%)	10.52

Nota: CV: Coeficiente de variación (%). ^{A y B}: letras diferentes obtuvieron diferencia significativa.

Índice de Conversión Alimenticia (ICA)

El índice de conversión alimenticia es la escala existente entre la cantidad de alimento suministrado y la ganancia de peso de los peces, en el mismo periodo de tiempo (FAO 2017). El Cuadro 4, refleja la efectividad de alimentación durante los 28 días del experimento. Se reflejó un índice de conversión alimenticia de 2.53 para el primer tratamiento, 2.70 para el segundo tratamiento y 2.74 para el tercer tratamiento. Según Helfrich (2017) el rango óptimo de ICA en tilapia es de 0.9 a 1.3. Es decir, los resultados reflejados en la Cuadro 4 fueron mayores a los rangos estipulados en la literatura.

Cuadro 4

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

Tratamientos	Índice de conversión alimenticia (ICA)
100 alevines/200L	2.53 ± 0.13
120 alevines/200L	2.70 ± 0.25
140 alevines/200L	2.74 ± 0.05
Probabilidad	0.23
CV (%)	6.29

Nota: CV: Coeficiente de variación (%).

Conclusiones

Las densidades utilizadas son adecuadas para el crecimiento de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) debido al porcentaje de sobrevivencia y biomasa óptimo.

El uso de densidades de siembra de 500-700 alevines/m³ no afecta los parámetros fisicoquímicos del agua.

La dosis y alimento suministrado fue óptima, por el porcentaje de sobrevivencia y peso alcanzado.

Recomendaciones

Realizar reversión sexual en tanques de plástico utilizando mayores densidades a las ya utilizadas, para determinar cuál es la máxima densidad que se puede utilizar en este sistema alternativo.

Asegurar que no existan factores externos que pueden causar variabilidad en los resultados como ser la energía eléctrica.

Evaluar la eficiencia de la reversión sexual a los 3 meses después de la siembra.

Referencias

- Balbuena ED. 2011. Manual Basico de Piscicultura para Paraguay; [consultado el 25 de may. de 2022]. <https://www.fao.org/3/as829s/as829s.pdf>.
- Carvajal Echeverri JP. 2014. Comparación de Parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis spp.*); [consultado el 19 de may. de 2022]. http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1511/1/Parametros_zootecnicos_calidad_agua_sistemas_precrria_tilapia_roja.pdf.
- Helfrich CS. 2017. Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding. 450-256. Virginia State University: [sin editorial]. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/80712/FST-269.pdf>.
- Boyd CE. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. [Switzerland]: [SpringerLink]. 700 p.
- FAO. 2017. Nutrición y Alimentación de los Peces. [sin lugar]: [sin editorial]; [actualizado el 15 de nov. de 2017; consultado el 1 de jun. de 2022]. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709s/x6709s10.htm.
- Flores P. 2019. Manual de Crianza Tilapia; [consultado el 19 de may. de 2022]. <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>.
- Flores Barahona MD. 2013. Comparacion de sobrevivencia, incremento en longitud y ganancia de peso en alevines de tilapia roja con densidades de 0.75, 1.30, 3.00 y 6.00/L en hapas; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/965af392-31c5-4f6e-bef0-46ff5c711c02/content>.
- Gestión. 2015. Tilapia: el alimento ideal para una dieta saludable en el verano. Gestión; [consultado el 15 de may. de 2022]. <https://gestion.pe/tendencias/tilapia-alimento-ideal-dieta-saludable-verano-73246-noticia/?ref=gesr>.
- González F. 2019. Indicadores de Producción - Parámetros Físicos y Químicos del agua para Tilapias. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 20 de oct. de 2021]. <https://www.pisciculturaglobal.com/indicadores-de-produccion-parametros-fisicos-y-quimicos-del-agua-para-tilapias/>.
- GreenFacts. 2022. Glosario: Biomasa. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 15 de may. de 2022]. <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/biomasa.htm>.
- Hernandez Barraza C, Trejo Martinez A, Loredó Osti J, Gutierrez Salazar G. 2016. Evaluacion de la eficiencia productiva de tres lineas de tilapia con reversion sexual en un sistema de recirculacion (RAS). *Iajar*. 44(4):869–874. doi:10.3856/vol44-issue4-fulltext-24.
- Hurtado N. 2005. Microsoft Word - uso de hormonas en tilapias.doc; [consultado el 18 de may. de 2022]. http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_invsextilapia.pdf.
- Hurtado Totocayo N. 2001. Tilapia: La alternativa social y económica del tercer milenio. Lima, Perú: [sin editorial]. http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_tilapia3milenio.pdf.
- Popma J, Green BW. 1990. Sex-Reversal-of-Tilapia-in-Earthen-Ponds; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <http://agrilife.org/fisheries2/files/2013/09/Sex-Reversal-of-Tilapia-in-Earthen-Ponds.pdf>.
- Maroto Llerena WF, Velasco Matveev A. 2019. Utilización de la reversión sexual en tilapia negra cuando se aplica un tratamiento hormonal [Trabajo de titulación]. Riobamba, Ecuador: Escuela

- Superior Politécnica de Chimborazo. 61 p; [consultado el 15 de may. de 2022]. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/13390/1/17T01608.pdf>.
- Nurazizah H, Arthana IW, Angga-Kartika GR. 2021. Effect of Different Stocking Densities on the Growth and Survival Rate of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Seeds in Batur Lake Floating Net Cages. 5(2):50–56. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ATBES/article/download/69738/40879>.
- Paz PE, Martínez Turcios AD, Chávez Chávez JI. 2019. Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. Ceiba. (0843):1–6. doi:10.5377/ceiba.v0i0843.5824.
- Perez Atiencia RD. 2002. Evaluación de tres hormonas sintéticas para la reversión de sexo de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*); [consultado el 25 de may. de 2022]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2396/1/CPA-2002-T091.pdf>.
- Perez M, Saenz M, Martínez E. 2015. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo Monosexual y Ambos sexos, en sistemas de producción semi - intensivos. Universitas: Revista Científica de la UNAN-Leon 6(1): 72–79. <https://ageconsearch.umn.edu/record/232909/files/104-260-1-PB.pdf>.
- Prieto CA, Olivera Angel M. 2002. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp.* Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias; [consultado el 15 de may. de 2022]. 15(115-119). <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295026068013.pdf>
- Ramírez S. 2015. Evaluación de la Inversión Sexual de Tilapia Gris (*Oreochromis niloticus*) Bajo un Sistema de Bioflocs; [consultado el 1 de jun. de 2022]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1922/M40-R3%20-T.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
- Rivera Herrera DI, Yopez Aroca EA. abr. 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 [Tesis]. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. 104 p; [consultado el 15 de may. de 2022]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10328/1/UPS-GT001238.pdf>.
- Ruiz Azañero GE. 2017. Fecundidad y tasa de supervivencia en larvas y alevines de *Oreochromis niloticus* "tilapia" (Linnaeus, 1758) en condiciones de laboratorio [Tesis]. Perú: Universidad Nacional de Piura. spa; [consultado 11/2021]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1024>.
- Saavedra MA. 2006. MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA; [consultado el 25 de may. de 2022]. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.
- Saavedra Martínez MA. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua; [consultado el 10 de may. de 2022]. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.
- Universidad Complutense Madrid. 2022. Descripción de Indicadores. Madrid: [sin editorial]. 4 p. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf>.
- Waterboards. 2022. Folleto informativo pH. Estados Unidos: [sin editorial]. 5 p. Folleto Informativo. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf.

Anexos**Anexo A**

*Ubicación de los tanques en la reversión sexual de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) usando tres densidades de siembra*



Anexo B

Medición de amonio en la reversión sexual de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) usando tres densidades de siembra.



Anexo C

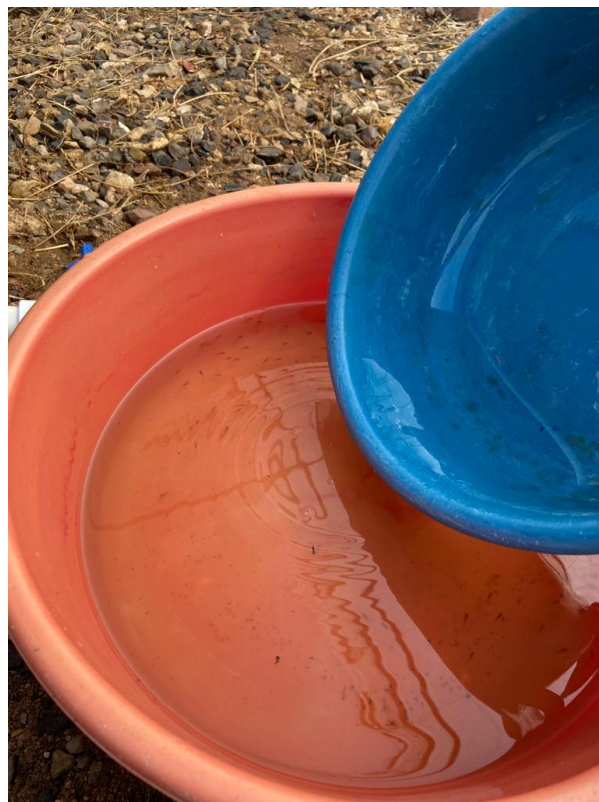
Muestra de alimentación en los diferentes tratamientos.



Anexo D*Muestras de pH.*

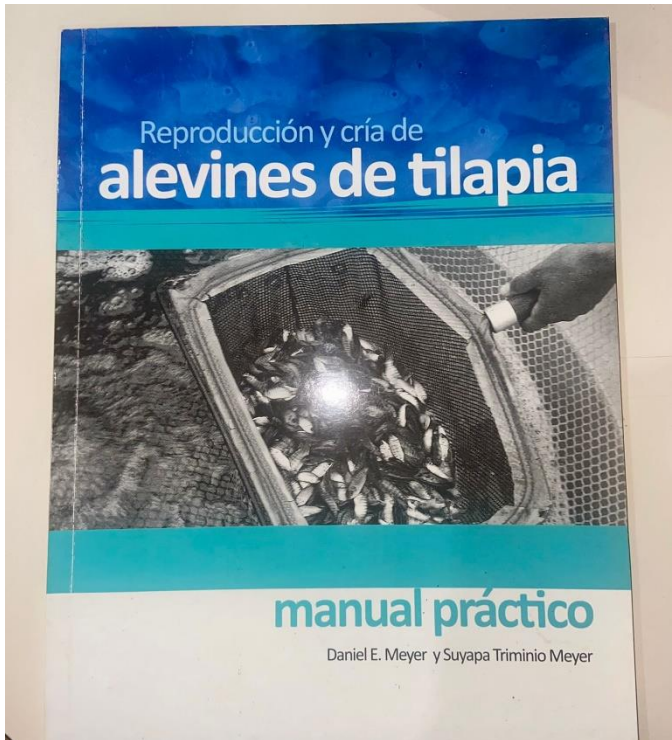
Anexo E

Separación de alevines por tratamiento y aclimatación previo a la siembra



Anexo F

Manual utilizado para la reversión sexual



Anexo G

Costos de materiales utilizados durante el experimento

Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Total (\$)
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 dieta balanceada con 45% de proteína	1	26.06	26.06
Hormona 17 Alfa metil testosterona	100 gr	450	450.00
Alcohol etílico	1 bote	16.30	16.30
Malla de 1/16 poliéster	12	7	90
Total			1,270.07