

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



Proyecto Especial de Graduación
**Efecto del acuamimetismo en la etapa de pre-engorde del cultivo
de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)**

Estudiante

Helmy Jose Giacomán Villanueva

Nimrod Raul Perdomo Guzman

Asesores

Patricio E. Paz, Ph.D.

Yordan Martínez, D.Sc.

María Fernanda Oyuela, M.Sc

Honduras, agosto 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Anexos.....	5
Resumen	6
Abstract.....	7
Introducción.....	8
Materiales y Métodos	13
Resultados y Discusión.....	19
Conclusiones	23
Recomendaciones.....	24
Referencias.....	25
Anexos.....	28

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Distribución de tratamientos aplicados en la etapa de pre-engorde del cultivo de tilapia gris (Oreochromis niloticus).....	14
Cuadro 2 Temperatura del agua en los tanques utilizados en el pre-engorde de tilapia gris (Oreochromis niloticus) utilizando la técnica de acuamimetismo.....	19
Cuadro 3 Niveles de amonio en los tanques para ambos tratamientos.....	20
Cuadro 4 Volumen de agua utilizada por cada recambio en ambos tratamientos	21
Cuadro 5 Ganancia de peso (g), índice de conversión alimenticia (ICA) y porcentaje de sobrevivencia con la implementación de la técnica de acuamimetismo den la etapa de pre-engorde de tilapia gris (Oreochromis niloticus).	22

Índice de Anexos

Anexo A Preparación de la mezcla bioestimulada.....	28
Anexo B Muestreo de alevines	29
Anexo C Tanques previos al recambio de agua	30
Anexo D Tanques después de realizar recambio de agua	31
Anexo E Muestra de la concentración de amonio.....	32
Anexo F Programa de alimentación para tilapia de la empresa ALCON.....	33

Resumen

La industria dedicada a la producción de tilapia ha venido en constante crecimiento en las últimas décadas. Este crecimiento acelerado viene acompañado de nuevos desafíos para los productores de tilapia que buscan alternativas para mejorar el crecimiento de este cultivo. Este estudio evaluó el efecto del acuamimetismo sobre los parámetros productivos de ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y porcentaje de sobrevivencia durante la etapa de pre-engorde de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*). El estudio se realizó en 12 tanques de plástico que fueron divididos en dos tratamientos: control y acuamimetismo, con seis repeticiones por tratamiento. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y se usó una prueba T de Student estableciendo un valor de significancia de $P \leq 0.05$. El tratamiento de acuamimetismo no mostró diferencia significativa en ninguno de los parámetros productivos analizados con respecto al control. El efecto del acuamimetismo se vio reflejado en los niveles de amonio de los tanques tratados los cuales se mantuvieron en el rango óptimo durante todo el experimento, además se logró reducir en grandes cantidades los volúmenes de agua requeridos por cada recambio. Reducir los volúmenes de agua por recambio hace que la técnica de acuamimetismo sea más sustentable en comparación al método convencional de producción. Se recomienda prolongar el tiempo de duración del experimento hasta la etapa de engorde.

Palabras clave: Bioestimulación, pre-engorde, probióticos, productividad, tilapia.

Abstract

The tilapia production industry has been growing steadily in recent decades. This accelerated growth is accompanied by new challenges for tilapia producers who are looking for alternatives to improve the growth of this crop. This study evaluated the effect of aquamimicry on the productive parameters of weight gain, feed conversion ratio and percentage survival during the pre-fattening stage of gray tilapia (*Oreochromis niloticus*). The study was conducted in 12 plastic tanks that were divided into two treatments: control and aquamimicry, with six replicates per treatment. A Completely Randomized Design (CRD) was used and a Student's t-test was used establishing a significance value of $P \leq 0.05$. The aquamimicry treatment showed no significant difference in any of the productive parameters analyzed with respect to the control. The effect of aquamimicry was reflected in the ammonium levels of the treated tanks, which were maintained in the optimum range throughout the experiment, in addition, the volumes of water required for each replacement were reduced by large amounts. Reducing the volumes of water per replacement makes the aquamimicry technique more sustainable compared to the conventional production method. It is recommended to extend the duration of the experiment until the fattening stage.

Key words: Biostimulation, pre-fattening, probiotics, productivity, tilapia.

Introducción

La acuicultura es uno de los rubros de producción de alimentos de origen animal con una de las tasas de crecimiento más aceleradas en la actualidad. Entre los años 1861-2017, la tasa de crecimiento anual del consumo de pescado aumentó cerca de 3.1%, lo cual supera a la tasa de crecimiento anual de población, que es de 1.6%. En 1961 el consumo per cápita de pescado era de 9.0 kg (equivalente en peso vivo), lo cual es indicativo del aumento en el consumo de pescado comestible, puesto que en 2017 el consumo aumentó a 20.3 kg (FAO 2020).

Este aumento en el consumo de alimentos de origen acuícola se debe a los diversos beneficios que proveen; en cuanto a beneficios a la salud encontramos que los pescados y mariscos tienen un excelente perfil nutricional ya que son una buena fuente de proteínas, ácidos grasos, vitaminas, minerales y micronutrientes esenciales para el cuerpo (FAO 2021). En 2015 el pescado representó el 17% de todas las proteínas de origen animal consumidas alrededor del mundo (Abila 2020).

Los alimentos de origen acuícola en especial las tilapias tienen un papel importante en la nutrición y seguridad alimentaria mundial, además de brindar muchos nutrientes necesarios para llevar una vida saludable, son una fuente de ingresos y trabajo para millones de familias de áreas rurales.

Se estima que alrededor de un 10 a un 12% de la población mundial se sustenta de la pesca y acuicultura, en 2016 se estimó que 59.6 millones de personas trabajaban en el sector primario dedicado a la pesca de captura y la acuicultura del cual un 14% son mujeres (FAO 2018b).

En la acuicultura las principales especies cultivadas son las de agua dulce como la carpa, el bagre y la tilapia puesto que estos representan el 58% de la producción acuícola total (FAO 2018a). La tilapia es una de las principales especies cultivadas, esta solo es superada por la producción de carpa. Durante el 2004 la producción mundial de tilapia alcanzó las 2,466,028 toneladas de las cuales las

principales especies que fueron producidas y comercializadas son la tilapia del Nilo (70%), tilapia de Java (3%) y otras (27%) (ITAM y CEC Fecha desconocida). El crecimiento de la producción de tilapia también se debe principalmente al desarrollo de nuevas técnicas de producción acuícola. Los sistemas de producción son los responsables del crecimiento dinámico de la tilapia en el ámbito mundial, la obtención de tilapia por acuicultura en 2004 representó el 74% de la producción total, lo cual deja en evidencia la decadencia de la pesca de captura la cual solo representó un 26% (ITAM y CEC Fecha desconocida).

Una de las principales regiones que impulsaron la acuicultura fue Asia ya que su gastronomía se basa fundamentalmente en el consumo de productos acuícolas. La tilapia es el más claro ejemplo de los grandes números de producción del continente asiático, puesto que, son los principales productores de tilapia atribuyéndose 70.4% de la producción global de tilapia cultivada en 2017 (El-Sayed 2020). Debido al rápido crecimiento en el consumo per cápita, la producción de tilapia se ha extendido a zonas de todo el mundo y Centroamérica no ha sido la excepción. Honduras, al ser un país subtropical, cuenta con condiciones óptimas para la producción de esta especie. Este se ha convertido en líder a nivel latinoamericano en la exportación de este producto hacia los Estados Unidos de América, según datos oficiales de la unidad de Agronegocios de la Secretaría de Agricultura y Ganadería en (SAG 2016).

El rubro de la tilapia es uno de los más importantes para la economía de los hondureños. En el 2016 se exportaron al menos 20 millones de libras dejándole al país divisas de más de 60 millones de dólares (SAG 2017). Según datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) la actividad económica de la tilapia genera alrededor de 6,000 empleos, contribuyendo así a la economía de un gran número de familias hondureñas. Dentro de las principales especies producidas en el territorio hondureño se encuentra la tilapia de Java, *Oreochromis mossambicus*, la carpa común *Cyprinus carpio* y la tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*.

La tilapia gris *O. niloticus* es un pez que tiene sus orígenes en el continente africano que, debido a su resistencia a enfermedades, fácil reproducción y su adaptabilidad a diferentes ambientes se ha introducido a todas las regiones del planeta que sean aptas para su cultivo (Vega Villasante et al. 2010).

Al considerarla una especie resistente a condiciones químicas de agua adversas, los productores han generado un pensamiento erróneo de que las tilapias son resistentes a enfermedades y muy pocos implementan medios de prevención para enfermedades y patógenos. Debido a la demanda en el mercado los productores han optado por intensificar su producción y han aumentado considerablemente las densidades de peces lo cual favorece al crecimiento de patógenos que puede causar enfermedades (Conroy 2005). Es importante constatar, que siempre se tendrá presencia de patógenos en los sistemas de producción si no contamos con los niveles óptimos de oxígeno disuelto, pH, niveles de amonio e higiene en el tanque; las colonias de patógenos crecerán exponencialmente y afectará la producción. Los principales agentes infecciosos que afectan las tilapias se conocen que son los hongos, bacterias y patógenos internos y externos.

Las enfermedades causadas por estos agentes son las principales limitantes para el desarrollo y producción de tilapia. Uno de los mayores retos que han afrontado los productores es encontrar métodos para combatir las enfermedades que afectan notablemente su producción, provocando pérdidas económicas. Estos métodos deben ser sustentables económicamente puesto que, el productor quiere ver ganancias. Algunas estrategias utilizadas son el uso de animales libres de patógenos específicos y otra es el uso de químicos o antibióticos (Romano 2017). El uso inadecuado de antibióticos en la acuicultura ha generado muchos efectos negativos, uno de ellos es la aparición de bacterias resistentes debido a que los productores suelen usar dosis menores a las necesarias para eliminar toda la población bacteriana y dejan algunas bacterias que logran resistir. Estas bacterias, luego se reproducen lo que conlleva a una multiplicación de los genes de resistencia (Molina 2019). La residualidad de antibióticos en la tilapia cultivada, es un grave problema para la salud humana. La

ingesta incontrolada de antibióticos presentes en el filete, igual, puede generar resistencia en bacterias patógenas para los humanos lo cual hace que los tratamientos sean ineficaces (FAO 2002).

Debido a los problemas causados por el uso indebido de antibióticos la industria ha buscado alternativas para combatir los distintos patógenos causantes de las enfermedades que afectan sus cultivos. Entre las alternativas más utilizadas actualmente, se encuentran el uso de probióticos y prebióticos, estos no solo ayudan a mejorar la salud de los animales ya que también sirven como promotores de crecimiento (Molina 2019).

La palabra probiótico proviene etimológicamente del griego "Pro-BIOS", que en español vendría a ser Por la vida. La FAO/WHO en 2001 definió a los probióticos como microorganismos vivos que al ser empleados en una cantidad adecuada pueden generar beneficios en la salud del hospedero (Molina 2019). En el caso de la acuicultura, podemos entender por probióticos a los suplementos microbianos que empleamos con el propósito de promover comunidades bacterianas benéficas en nuestro sistema. Al principio se comenzó a utilizar probióticos como medida para combatir enfermedades, pero, se pudo observar que estos actúan sinérgicamente como promotores de crecimiento ya que mejoran la absorción de nutrientes en la flora intestinal. Estudios más recientes han demostrado que los probióticos pueden actuar como estimulantes de apetito, mejoran el sistema inmune del hospedero, efectos en la reproducción y tolerancia al estrés en el cultivo (Martínez Cruz et al. 2012).

El uso de probióticos reduce costos de producción y genera menores índices de conversión alimenticia, mayor ganancia de peso y animales más sanos. Lo que ha incentivado a los productores a crear técnicas de producción e implementar los antes mencionados. Esto ha aumentado el uso de acuicultura simbiótica siendo la técnica de biofloc y acuamimetismo las más empleadas, siendo esta última el enfoque principal de este experimento. En este estudio es indispensable aclarar el concepto de acuamimetismo, ya que será un término constantemente usado.

El acuamimetismo es una técnica que busca emular las condiciones naturales con respecto a los microorganismos presentes en el agua. El acuamimetismo busca generar un ambiente controlado por bacterias, dichas bacterias son promovidas mediante una fuente de carbono que vendrá a ser un fermento de salvado de arroz y probióticos que el agricultor vierte en el agua de su sistema (Bioaquafloc 2020). El principio de esta técnica radica en crear fuentes naturales de alimento que los organismos cultivados aprovecharán. La técnica genera microorganismos que además de servir como fuente de alimento ayudan a eliminar los contaminantes del agua. El éxito de este método consiste en disminuir la tasa de conversión alimenticia, así mismo se minimizan los recambios de agua y logra erradicar las enfermedades que a largo plazo provocan pérdidas significativas.

El acuamimetismo genera una cadena trófica en la cual el escalón más bajo son las bacterias nitrificantes y heterótrofas que tienen una acción probiótica en la tilapia. Estas bacterias son impulsadas por el tratamiento vertido en el agua, el cual consta de: fermento de arroz, que sirve como alimento para el probiótico utilizado, que en este estudio fue *Lactobacillus*. Las bacterias tienen muchos efectos positivos en el agua: como un control sobre la proliferación excesiva de microalgas, controles enzimáticos, segregación de metabolitos con acción benéfica y una acción nitrificante que reducirá significativamente el número de recambios de agua necesarios, además incentiva la creación de zooplancton y fitoplancton que servirá como alimento para la tilapia (Bioaquafloc 2018). Los objetivos del presente estudio fueron: Comprobar los efectos benéficos de la técnica de acuamimetismo sobre los niveles de amonio del agua; analizar los índices de conversión alimenticia, ganancia de peso y porcentajes de sobrevivencia al aplicar la técnica de acuamimetismo en la etapa de pre-engorde de tilapia gris.

Materiales y Métodos

Ubicación y Periodo de Ejecución

El experimento se llevó a cabo en los meses de abril y mayo del año 2021 en la unidad de acuicultura “Daniel E. Meyer” de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Esta unidad se encuentra ubicada a 800 msnm, con una temperatura promedio de 26 °C durante se realizó el experimento.

Unidades de Producción

Se usaron 12 tanques circulares de plástico con capacidad para 100 litros, se usó un volumen operativo de 90 litros por tanque. Estos fueron colocados bajo una estructura tipo invernadero en la estación de pre-engorde de la unidad. Se utilizó un blower regenerativo marca Hurricane de tres caballos de fuerza y cada tanque contó con un sistema de difusión mediante una piedra difusora colocada en el centro del tanque.

Tratamientos

En este experimento se realizaron dos tratamientos con seis repeticiones cada uno. El primer tratamiento denominado control se basó en alimentar los alevines con una dieta de balanceado comercial de la marca Alcon de 45% de proteína cruda (PC), el cual fue molido para obtener partículas adecuadas para el tamaño de los alevines. El segundo tratamiento fue alimentado con la misma dieta comercial del control más la aplicación de la mezcla bioestimulada a la columna de agua.

Cuadro 1

Distribución de tratamientos aplicados en la etapa de pre-engorde del cultivo de tilapia gris

(Oreochromis niloticus)

Tratamiento	Descripción
Control	Dieta Comercial Alcon 45% PC
Tratamiento AQM	Dieta Comercial Alcon 45% PC + Solución (20 mL) *

Nota. AQM: acuamimetismo

* Solución bioestimulada

Protocolo de Preparación de la Solución Bioestimulada

En un recipiente con capacidad para 20 litros se agregó 5 litros de agua potable la cual se dejó sedimentar al menos siete días antes de usarse para eliminar las partículas de cloro. Se añadieron 500 g de semolina de arroz, se mezcló y se midió el pH de la mezcla para verificar que este no estuviera por debajo de 6.0. Luego de verificar el pH, se agregó 5 g de probiótico comercial (Lactosacc®). Una vez se añadieron todos los insumos, esta mezcla se agitó hasta homogenizarla completamente. Esta mezcla homogénea se bioestimuló por 24 horas con fuerte aireación por lo que se colocó una piedra difusora en el fondo. A esta mezcla se le midió el pH cada día para verificar que no se encontrara debajo de 6.0, en caso de haber una reducción del pH por debajo de 6.0, se agregó entre 25 y 50 gramos de bicarbonato de sodio para obtener el nivel de pH deseado entre 6.0 y 7.5.

Insumos Utilizados para la Mezcla

1. Semolina de arroz - Este cereal fue utilizado como sustrato ya que contiene una importante cantidad de grasa. Este sustrato contiene una gran cantidad de energía dietética lo cual lo hace perfecto para el crecimiento de bacterias benéficas que serán la base de la cadena trófica que se busca crear en el agua (Coello y Roman 2020).
2. Agua desinfectada - Esta agua tiene que ser previamente filtrada y desinfectada.

3. Lactosacc® - Probiótico comercial que contiene cultivos de levaduras viables y que aporta bacterias ácido-lácticas que muestran un gran rendimiento en la colonización del medio al cual se agregan.
4. Bicarbonato de sodio. Este producto se usa como regulador de los niveles de pH en caso de que este se encuentre por debajo de 6.0. Ya que es indispensable mantener los niveles de pH por encima de 6.0 al momento de la proliferación de bacterias aeróbicas.

Preparación de los Tanques

Los 12 tanques fueron colocados y llenados 10 días previos a la siembra de los alevines. Mediante un método al azar fueron seleccionados seis tanques para ser tratados con la técnica de acuamimetismo. Estos seis tanques denominados tratamiento "AQM" fueron tratados 10 días previos a la siembra agregándoles la mezcla bioestimulada, con el fin de dar el tiempo necesario para la formación de bacterias benéficas en la columna de agua. Los demás tanques denominados control no recibieron ningún tratamiento durante este lapso.

Aplicación de la Mezcla

Una vez transcurridas las 24 horas desde la elaboración de la mezcla, ésta se agregó a los tanques que fueron tratados. Se agregó un 0.22% de acuerdo con el volumen total de la columna de agua. Se agregaron 20 mL de mezcla diarios los 10 días previos a la siembra y una vez sembrados en intervalos de un día.

Transporte

Un total de 600 alevines fueron trasladados en tanques de plástico desde la unidad principal de acuicultura hasta la estación de pre-engorde.

Siembra

El peso promedio de cada alevín fue de 1.2 gramos. Esta se realizó en estado de alevín, los cuales fueron distribuidos de forma uniforme. Los alevines fueron pesados en grupos de 25 hasta llegar a tener 50 animales por tanque y un total de 600 alevines en todo el experimento.

Alimentación

La cantidad de alimento proporcionado por tanque se calculó mediante la biomasa inicial. Se inició con un 13% de la biomasa y se mantuvo así durante todo el experimento. Después de cada muestreo se ajustó la ración de acuerdo con la biomasa calculada por tanque. Se utilizó alimento balanceado de la marca Alcon de 45% de PC. Los alevines fueron alimentados con una frecuencia de dos veces por día, a las 9:00 y 14:00 horas.

Calidad de Agua

Durante el experimento se registraron a diario parámetros de temperatura. Estos fueron registrados a las 9:00 y 14:00 horas, la temperatura se midió con un termómetro digital Aquarium. Los niveles de amonio fueron tomados a cada tanque en una frecuencia de cada tres días a las 14:00 horas, para esto se utilizó API® Ammonia Test Kit.

Los recambios de agua se realizaron mediante el método de sifoneo en el fondo de cada tanque y fueron realizados de acuerdo con los resultados obtenidos de los niveles de amonio. En total se realizaron 6 recambios de agua en los días 2, 5, 10, 15, 20 y 25 del experimento. El sifoneo permitió la extracción de los restos de alimento no consumido o heces en el fondo de los tanques que pueden contaminar el agua.

Los recambios de agua en los tanques de control fueron del 70% del volumen total de la columna de agua, mientras que para los tanques tratados fue de 40%. El agua utilizada para los recambios fue tomada de las tuberías que proveen el agua de la unidad.

Muestreo y Cosecha

Para este experimento se realizaron tres muestreos durante los 30 días de cultivo, estos fueron realizados a los días 10, 20 y 30 a las 6:00 horas del día. En los dos primeros muestreos se recolectaron 25 alevines por tanque que fueron pesados en seco en una balanza digital Ohaus Scout® SPX421 para obtener así el peso promedio por alevín de cada tanque.

Al día 30 de cultivo a las 6:00 horas se realizó el muestreo final, se bajó el volumen de agua hasta un 10%, se contó el número total de alevines por tanque para obtener los datos de sobrevivencia y se pesaron para obtener los últimos datos en cuanto a su peso.

Variables Medidas

Sobrevivencia (%)

Esta variable indica el porcentaje de animales que sobrevivió del total de animales sembrados. Para medir esta variable se dividió los animales cosechados entre los animales sembrados y se multiplicó por 100, mediante la ecuación 1:

$$\text{Sobrevivencia} = (\text{animales cosechados} / \text{animales sembrados}) \times 100 \quad (1)$$

Índice de conversión alimenticia (ICA)

Esta variable indica la eficiencia del animal para aprovechar al máximo los nutrientes de la dieta, convirtiendo el alimento en biomasa. La biomasa se obtiene al multiplicar el total de animales por el peso de cada alevín mediante la ecuación 2. El ICA se calculó dividiendo el total de alimento proporcionado entre la diferencia de la biomasa final con la biomasa inicial mediante la ecuación 3:

$$\text{Biomasa: Cantidad de animales} \times \text{peso de cada alevín} \quad (2)$$

$$\text{ICA} = \text{Cantidad de alimento proporcionado} / \text{Biomasa final} - \text{Biomasa inicial} \quad (3)$$

Ganancia de peso (GP)

Esta variable indica el peso ganado por cada animal (g) al final del experimento. Para medir esta variable se resta el peso final promedio por animal menos el peso inicial promedio por animal mediante la ecuación 4:

$$\text{Ganancia de Peso} = \text{Peso final promedio por animal} - \text{peso inicial promedio por animal} \quad (4)$$

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y se usó la prueba T de Student ($P \leq 0.05$) con muestras independientes. Se contó con dos tratamientos y seis repeticiones con un total de 12 unidades experimentales. Se utilizó el paquete estadístico MINITAB® (versión 18).

Resultados y Discusión

Calidad de Agua

A lo largo de este estudio se llevó un control y registro de las condiciones químicas del agua, estos monitoreos se efectuaron para asegurar que no afectaran negativamente el experimento. Según el Cuadro 2, la temperatura de los tanques osciló entre 22 y 32 °C. Para el cultivo de tilapia el rango óptimo de temperatura es entre 25 y 30 °C, cuando son criadas a temperaturas por debajo de los 22 °C y arriba de los 34 °C hay una disminución en el consumo de alimento lo cual afecta negativamente en la ganancia de peso de la tilapia (Azaza et al. 2008).

Cuadro 2

Temperatura del agua en los tanques utilizados en el pre-engorde de tilapia gris (Oreochromis niloticus) utilizando la técnica de acuamimetismo.

Tratamiento	Tanque	Temperatura (°C)	
		9:00	14:00
Control	1	22.40	31.57
Control	3	22.63	31.81
Control	5	23.04	32.21
Control	8	22.43	31.67
Control	10	22.86	32.13
Control	12	23.24	32.60
AQM	2	22.50	31.64
AQM	4	22.83	31.93
AQM	6	23.28	32.46
AQM	7	22.34	31.48
AQM	9	22.66	31.90
AQM	11	23.12	32.44

Nota. AQM: acuamimetismo

El amonio es un producto final que resulta del catabolismo de proteínas, el amonio representa de un 60 a un 80% de las excreciones nitrogenadas de las tilapias (Karasu Benlí y Koksál 2005). El rango de concentración de amonio recomendado en un tanque debe estar por debajo de 0.5 mg/L (Amal et al. 2008). Según Bravo (2007) en tilapia las concentraciones arriba de 0.6 mg/L de amonio pueden tener efectos negativos en el cultivo. En relación con los niveles de amonio, si hubo diferencia

significativa entre ambos tratamientos ($P \leq 0.05$). A lo largo del experimento se pudo observar que en los tanques control se obtuvieron concentraciones más altas de amonio a comparación de los tanques tratamiento (Cuadro 3). Esto se puede comprobar ya que el acuamimetismo busca la creación de flóculos compuestos por microorganismos de fito y zooplancton los cuales están aglutinados en una matriz bacteriana. En estos flóculos se lleva a cabo la descomposición de químicos tóxicos como lo son nitritos y amonio (Bioaquafloc 2018).

Cuadro 3

Niveles de amonio en los tanques para ambos tratamientos

Tratamiento	Amonio (mg/L) Media \pm D. E
Control	0.77 \pm 0.09
AQM	0.36 \pm 0.03
Probabilidad	< 0.0001

Volumen de Agua por Recambios

El número de recambios de agua fue el mismo para ambos tratamientos (seis recambios), sin embargo, se puede observar diferencia entre la cantidad de agua (medida en litros) que se necesitó en cada uno de los recambios realizados para los tanques (Cuadro 4). A los tanques “control”, se les cambió en promedio 64.5 litros de agua en cada uno de los recambios realizados, mientras que los tanques “tratamiento” se les cambió 42 litros de agua por cada recambio. En total del experimento se necesitó de aproximadamente 2,322 litros de agua para los recambios de agua realizados a los tanques control y para los tanques tratados con acuamimetismo se usaron 1,512 litros de agua. Esto da una diferencia de 810 litros de agua entre tratamientos, lo cual indica una reducción en la cantidad de agua requerida por recambio, siendo el acuamimetismo más sustentable que el método convencional de producción y así mismo se logra una reducción de tiempo de mano de obra por cada recambio según lo establecido por Vijayan (2019).

Cuadro 4

Volumen de agua utilizada por cada recambio en ambos tratamientos

Tratamiento	Recambio de agua (L)
Control	64.5
AQM	42

Nota. AQM: acuamimetismo

Ganancia de Peso Total

En este estudio no se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos para la variable ganancia de peso por animal (Cuadro 5). El acuamimetismo crea bacterias que serán la base de la cadena trófica que servirá como fuente suplementaria de alimentación para los peces. Los resultados de este ensayo difieren de estudios realizados en el cultivo de camarón donde se han obtenido mejores ganancias de peso al usar esta técnica. Según Romano y Coello (2020) larvas de camarón mostraron mayor ganancia de peso en los tanques que recibieron el tratamiento de acuamimetismo utilizando bacterias probióticas del tipo *Bacillus subtilis*. Cabe mencionar que no se registran estudios similares en el cultivo de tilapia gris donde se compruebe que el uso de acuamimetismo influye de manera positiva en la ganancia de peso.

Índice de Conversión Alimenticia

Este parámetro indica la cantidad de peso ganado en el pez con relación al total de alimento brindado (Fry et al. 2018). En este estudio no se encontró diferencia ($P > 0.05$) para la variable de índice de conversión alimenticia (Cuadro 5). En los tanques denominados “control” se obtuvo un ICA de 2.83 y en los tanques tratamiento se encontró un ICA de 2.29. Ambos índices de conversión alimenticia fueron más altos que los rangos óptimos en tilapia que están entre 0.9 y 1.3. (Craig et al. 2017). Al ser el acuamimetismo una técnica utilizada principalmente en el cultivo de camarón, se pudo observar que los resultados obtenidos en tilapia no fueron los esperados. Estos resultados difieren al estudio realizado por Coello y Romano (2020) en el cultivo de camarón, puesto que sí

tuvieron diferencias ($P \leq 0.05$) en los tanques tratados con acuamimetismo, los cuales mostraron un índice de conversión alimenticia más bajo que el control.

Sobrevivencia

Esta variable es difícil de determinar durante el experimento, por lo que se registró hasta el día de cosecha, esto debido a que en los alevines puede existir canibalismo. Este parámetro de sobrevivencia puede ser afectado por diferentes razones como niveles de amonio, altas o bajas temperaturas, estrés, enfermedades, entre otras (Hsien-Tsang y Quintanilla 2008).

En este experimento no se encontró diferencia ($P > 0.05$) entre tratamientos para la variable sobrevivencia (Cuadro 5). Se puede observar que los porcentajes de sobrevivencia en ambos tratamientos fueron similares y bastante aceptables, encontrándose estos arriba del 90%. Según Popma y Green (1990) en la fase de pre-engorde se espera tener un porcentaje de sobrevivencia de entre 70 al 80%, lo cual indica que en ambos tratamientos se obtuvo porcentajes arriba de lo aceptado.

La sobrevivencia en este experimento no se vio muy afectada, esto pudo deberse a que la temperatura y niveles de amonio siempre se mantuvieron dentro de los rangos aceptables y nunca llegaron a niveles críticos. Realizar el experimento dentro de una estructura cerrada contribuyó a evitar mortalidad por aves u otros depredadores.

Cuadro 5

*Ganancia de peso (g), índice de conversión alimenticia (ICA) y porcentaje de sobrevivencia con la implementación de la técnica de acuamimetismo en la etapa de pre-engorde de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*).*

Tratamiento	Ganancia de peso (g)	ICA	Sobrevivencia (%)
	Media \pm D.E	Media \pm D.E	Media \pm D.E
Control	3.81 \pm 0.96	2.83 \pm 2.98	92 \pm 0.19
AQM	4.43 \pm 0.91	2.29 \pm 1.87	98 \pm 0.11
Probabilidad	0.2742	0.5211	0.0602

Nota. AQM: acuamimetismo; D.E: Desviación estándar; ICA: índice de conversión alimenticia

Conclusiones

La técnica de acuamimetismo aplicada a la columna de agua en el cultivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en la etapa de pre-engorde no tuvo efecto en los parámetros de ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y sobrevivencia, con respecto al control.

La técnica de acuamimetismo tuvo impacto en las características químicas de la columna de agua al reducir los niveles de amonio, lo cual logró disminuir los volúmenes de agua por recambio.

Recomendaciones

Alargar el tiempo de duración del experimento hasta la etapa de engorde para determinar si de esta manera se obtienen los resultados deseados.

Utilizar otro probiótico comercial que contenga bacterias del tipo *Bacillus subtilis* ya que estas trabajan mejor con la fuente de carbono que se utilizó en este experimento.

Tratar los tanques con la mezcla simbiótica al menos 15 días previos a la siembra de los alevines.

Referencias

- Abila R. 2020. La ventaja de la pesca y la acuicultura: Promoción de la seguridad alimentaria y la nutrición y aumento de los ingresos y el empoderamiento. Roma, Italia: FIDA. 48 p. ISBN: 978-92-9072-992-1; [consultado el 27 de may. de 2021]. https://www.ifad.org/documents/38714170/41421401/fisheries_advantage_s.pdf/6f380334-50a7-c6d9-9a87-45a02e81485b.
- Amal M, Sherif E, Feky E. 2008. Effect of ammonia on Nile Tilapia (*O. niloticus*) performance and some hematological and histological measures. Ismailia, Egipto: Suez Canal University. 18 p. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.578.2415&rep=rep1&type=pdf>.
- Azaza MS, Dhraïef MN, Kraïem MM. 2008. Journal of Thermal Biology: Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. Ámsterdam (Países Bajos): ELSEVIER (vol. 33).
- Bioaquafloc. 2018. ¿Qué es Aquamimicry? Lugar desconocido: Bioaquafloc; [actualizado el 19 de jun. de 2018; consultado el 27 de may. de 2021]. <https://www.bioaquafloc.com/aquamimicry/que-es-aquamimicry/>.
- Bioaquafloc. 2020. El fermento de salvado arroz es el nuevo motor de la acuicultura simbiótica. Lugar desconocido: Bioaquafloc. <https://www.bioaquafloc.com/aquamimicry/el-fermento-de-salvado-arroz-es-el-nuevo-motor-de-la-acuicultura-simbiotica/>.
- Bravo N. dic. 2007. Efecto agudo del Amoníaco en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/776/1/T2369.pdf>.
- Coello SJ, Roman JD. 2020. Efecto del acuamimetismo en la pre-cría de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6860/3/CPA-2020-T035.pdf>.
- Conroy G. 2005. Importantes enfermedades detectadas en tilapias cultivadas en América central y del sur. Costa Rica: Jornadas de acuicultura; [consultado el 21 de jul. de 2021]. https://www.ciabcr.com/charlas/jornadaacuicola/8_Enfermedades_en_Tilapias_Cultivadas_en_las_Americas.pdf.
- Craig S, Helfrich L, Schwartz M, Kuhn D. 2017. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Virginia (Estados Unidos): Virginia State University; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/80712/fst-269.pdf?sequence=1>.
- El-Sayed A-FM. 2020. Tilapia culture. Segunda edición. Amsterdam: Academic Press. ISBN: 978-0-12-816509-6.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2002. El estado mundial de la pesca y la acuicultura: Temas de interés para los pescadores y acuicultores. Roma (Italia): FAO; [consultado el 27 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/3/y7300s/y7300s00.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018a. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma, Italia: FAO. 250 p. ISBN: N 978-92-5-130688-8; [consultado el 27 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>.

- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018b. Impactos del cambio climático en la pesca y la acuicultura - Síntesis de los conocimientos y las opciones de adaptación y mitigación actuales. Roma (Italia): FAO. 48 p. Informe no. 627; [consultado el 27 de may. de 2021]. <http://www.fao.org/3/CA0356ES/ca0356es.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2020. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Versión resumida: La sostenibilidad en acción. Roma (Italia): FAO. ISBN: 978-92-5-132780-7. <http://www.fao.org/3/ca9231es/CA9231ES.pdf>.
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2021. Acuicultura: Papel de la FAO en la acuicultura. Roma (Italia): FAO; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <http://www.fao.org/aquaculture/es/>.
- Fry JP, Mailloux NA, Love DC, Milli MC, Cao L. 2018. Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly? Reino Unido: IOP Publishing. Informe no. 2. en; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaa273/meta>.
- Hsien-Tsang S, Quintanilla M. 2008. Manual sobre "Reproducción y cultivo de tilapia". El salvador: Centro de desarrollo de la pesca y acuicultura. 68 p.
- [ITAM] Instituto Tecnológico Autónomo de México, [CEC] Centros de estudio de competitividad. Fecha desconocida. Programa Maestro Nacional Tilapia: Documento Final. México: ITAM, CEC. 342 p; [consultado el 27 de may. de 2021]. https://cadenasproductivas.conapesca.gob.mx/pdf_documentos/comites/csp/Programa_Maestro_Nacional_Tilapia.pdf.
- Karasu Benlí AÇ, Koksal G. 2005. The Acute Toxicity of Ammonia on Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Larvae and Fingerlings. *Turk J Vet Anim Sci.* 29:339–344. English.
- Martínez Cruz P, Ibáñez AL, Monroy Hermsillo OA, Ramírez Saad HC. 2012. Use of probiotics in aquaculture. México: International Scholarly Research Network. eng.
- Molina A. 2019. Probióticos y su mecanismo de acción en alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana.* 30(2):601–611. doi:10.15517/am.v30i2.34432.
- Popma TJ, Green BW. 1990. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. 35ª ed. Alabama (Estados Unidos): Auburn University. Research and Development; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <http://aurora.auburn.edu/bitstream/handle/11200/1099/0204fish.pdf?sequence=1>.
- Romano N. 2017. Acuamimetismo: Un concepto revolucionario para el cultivo de camarón. Malasia: Universiti Putra Malaysia; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/acuamimetismo/>.
- [SAG] Secretaría de Agricultura y Ganadería - Gobierno de la República de Honduras. 2016. Honduras mantiene liderazgo en exportación de tilapia fresca. Honduras: SAG; [actualizado el 21 de jul. de 2021]. <http://www.sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2016/abril-2016/honduras-mantiene-liderazgo-en-exportacion-de-tilapia-fresca/>.
- [SAG] Secretaría de Agricultura y Ganadería - Gobierno de la República de Honduras. 2017. Productores de tilapia potenciarán producción y consumo. Honduras: SAG; [consultado el 27 de may. de 2021]. <https://sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2017/enero-2017/productores-de-tilapia-potenciaran-produccion-y-consumo-/>.
- Vega Villasante FF, Cortés Lara MdC, Zuñiga Medina LM, Jaime Ceballos B, Galindo Lopez J, Basto Rosales MER, Nolasco Soria H. 2010. Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala

¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? Revista electronica de veterinaria; [consultado el 27 de may. de 2021]. 11(03). <http://dspace.cibnor.mx/bitstream/handle/123456789/2785/1435.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Vijayan KK. 2019. Biofloc Technology for Nursery and Growout Aquaculture. Tamil Nadu, India: Central Institute of Brackishwater Aquaculture. 184 p. CIBA TM Informe no. 15; [consultado el 21 de jul. de 2021]. <https://krishi.icar.gov.in/jspui/bitstream/123456789/26376/1/Biofloc%20manual%20final%2024-28-9-19.pdf>.

Anexos

Anexo A

Preparación de la mezcla bioestimulada



Anexo B

Muestreo de alevines



Anexo C

Tanques previos al recambio de agua



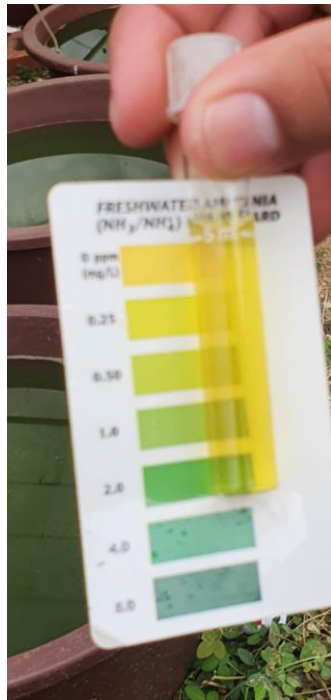
Anexo D

Tanques después de realizar recambio de agua



Anexo E

Muestra de la concentración de amonio



Anexo F

Programa de alimentación para tilapia de la empresa ALCON

PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN PARA TILAPIA, PERFIL COMERCIAL

"La Distancia Más Corta al Mercado"

Guía de Alimentación por Etapa de Crecimiento

Programa Alimentación Alimento	Partícula	Etapa de Vida	Peso del Pez gramos	Tasa de Alimentación		Raciones por día	Crecimiento g/día	Conversión Acumulada	Días de Cultivo
				% Peso vivo	Libras/mil peces				
Tilapia 45%	L-0	Revercion	0.01 - 0.8	a voluntad		8			
Tilapia 45%	L-1	Pre-cría	1.0 - 5.0	13.0%	0.86	8	0.5	0.66	8
Tilapia 45%	L-2	Pre-cría	5.0 - 10.0	8.0%	1.32	6	0.5	0.96	19
Tilapia 45%	L-2	Pre-cría	10.0 - 15.0	7.0%	1.93	6	0.6	1.16	28
Tilapia 45%	L-3	Pre-cría	15.0 - 25.0	6.0%	2.64	6	0.7	1.34	41
T-30% Starter	E-0	Inicio	25.0 - 40.0	6.0%	3.58	4	1.1	1.39	55
T-38% Starter	E-0	Inicio	40.0 - 60.0	4.0%	4.41	4	1.4	1.4	60
T-38% Starter	E-0	Inicio	60.0 - 80.0	3.0%	4.63	4	1.6	1.38	82
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	80.0 - 100.0	2.5%	5.5	3	1.5	1.44	95
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	100.0 - 200.0	2.2%	7.8	3	2.3	1.46	108
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	200.0 - 300.0	2.0%	11.01	3	3.4	1.46	167
T-32% Grower	E-2	Desarrollo	300.0 - 400.0	1.8%	13.88	3	3.7	1.53	195
T-28% Finisher	E-2	Engorde	400.0 - 500.0	1.7%	16.83	3	4	1.60	220
T-28% Finisher	E-2	Engorde	500.0 - 600.0	1.6%	19.38	3	4.5	1.67	247
T-28% Finisher	E-2	Engorde	600.0 - 700.0	1.6%	22.19	3	4.8	1.73	263
T-28% Finisher	E-2	Engorde	700.0 - 800.0	1.5%	24.78	3	5.6	1.77	281
T-24% Harvest	E-3	Cosecha o Mantenimiento		1.5%		3	2.5		