



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Evaluación del pH y Oxígeno Disuelto y su influencia en la supervivencia de alevines de (*Oreochromis niloticus*) cultivados en la granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

**APONTE SOCOLA EDWIN FERNANDO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Evaluación del pH y Oxígeno Disuelto y su influencia en la supervivencia de alevines de (*Oreochromis niloticus*) cultivados en la granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

**APONTE SOCOLA EDWIN FERNANDO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Evaluación del pH y Oxígeno Disuelto y su influencia en la supervivencia de alevines de (*Oreochromis niloticus*) cultivados en la granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

**APONTE SOCOLA EDWIN FERNANDO
INGENIERO ACUICOLA**

VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON

**MACHALA
2025**



TESIS EDWIN APONTE PARA PASAR AL TURNITING

0%
Textos
sospechosos



0% Similitudes
0% similitudes entre
comillas
0% entre las fuentes
mencionadas
0% Idiomas no
reconocidos

Nombre del documento: TESIS EDWIN APONTE PARA PASAR AL
TURNITING.pdf
ID del documento: e0542cb32d5f09c04a1523c7b880412deecf1071
Tamaño del documento original: 552,52 kB

Depositante: PATRICIO COLON VELASQUEZ LOPEZ
Fecha de depósito: 1/8/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 1/8/2025

Número de palabras: 5850
Número de caracteres: 37.740

Ubicación de las similitudes en el documento:

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

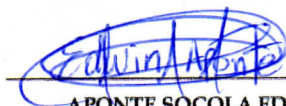
El que suscribe, APONTE SOCOLA EDWIN FERNANDO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación del pH y Oxígeno Disuelto y su influencia en la supervivencia de alevines de (*Oreochromis niloticus*) cultivados en la granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



APONTE SOCOLA EDWIN FERNANDO

0705613644

DEDICATORIA

Agradezco profundamente a Dios por concederme la voluntad, la guía y la bendición de seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Cuando todo parecía derrumbarse, Él nunca me dejó solo y fue mi luz en el camino.

Dedico este logro con todo mi corazón a dos seres que fueron y siguen siendo mi motor, mi fuerza y mi inspiración: mi madre Livia Aponte y mi segunda madre Edita Socola. Sus consejos, su amor y su apoyo incondicional marcaron mi vida. Aunque hoy no estén físicamente conmigo, las llevo siempre en mi corazón. Estoy convencido de que, desde donde se encuentren, me acompañan, me cuidan y han sido mi sostén para alcanzar cada una de mis metas. Así mismo a mi familia por su motivación.

Finalmente, extendo mi gratitud a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su conocimiento y apoyo para hacer posible la realización de esta tesis. De manera especial, al Dr. Patricio Colón Velásquez López, por su guía y respaldo académico durante este proceso.

RESUMEN

En el cultivo de peces el comportamiento de crecimiento normal depende de factores ambientales tales como el pH y el oxígeno disuelto en el agua, sin embargo, en este trabajo se determinó que la homogenización de la talla de peces y la correcta dosificación del alimento exógeno es un factor crítico para un eficiente sistema de producción en sistemas de jaulas.

Usando jaulas flotantes se determinó que los peces que recibieron alimento suplementario (UCA2 y UCA3) agrupados con similares tallas, alcanzaron las mejores tasas de crecimiento y supervivencia (hasta 95 %), mientras que los peces sin alimento exógeno (VSA5 y USA4) mostraron menor rendimiento productivo, alta mortalidad y escaso desarrollo somático. Esto confirma que la nutrición suplementaria es determinante para el desempeño zootécnico en sistemas de cultivo en jaulas.

Se observó que la variabilidad morfométrica en los peces influyó en la competencia intraespecífica, afectando negativamente el acceso al alimento y generando dominancia jerárquica, lo cual fue reflejado en la mortalidad. El tratamiento VCA1, con peces de alta variabilidad de tallas con adición de alimento exógeno, mostró un crecimiento intermedio lo que sugiere que el alimento puede mitigar parcialmente los efectos de la competencia intraespecífica. Sin embargo, la ausencia de suplemento nutricional en jaulas con peces heterogéneos (VSA5) acentuó la desigualdad de crecimiento y redujo la supervivencia al 43,75 %. En conclusión, la selección de cardúmenes homogéneos y la inclusión de alimento exógeno y la selección de cardúmenes homogéneos son factores clave para optimizar la producción de tilapia en jaulas flotantes.

Palabras claves: Tilapia, Jaulas flotantes, alimentación de la Tilapia, crecimiento, supervivencia.

ABSTRACT

In fish farming, normal growth behavior depends on factors such as pH and dissolved oxygen in the water, however the homogenization of fish size and the correct dosage of exogenous feed is a critical factor for an efficient production system in cages.

Using floating cages, it was determined that fish that received supplemental feed (UCA2 and UCA3) grouped with similar sizes achieved the best growth and survival rates (up to 95%), while fish without exogenous feed (VSA5 and USA4) showed lower productive performance, high mortality, and poor somatic development. This confirms that supplemental nutrition is a determining factor for zootechnical performance in cage farming systems.

It was observed that morphometric variability in fish influenced intraspecific competition, negatively affecting access to food and generating hierarchical dominance, which was reflected in mortality. The VCA1 treatment, with fish of high size variability and the addition of exogenous feed, showed intermediate growth, suggesting that feed can partially mitigate the effects of intraspecific competition. However, the absence of nutritional supplementation in cages with heterogeneous fish (VSA5) accentuated growth inequality and reduced survival to 43.75%. In conclusion, the selection of homogeneous cohorts and the inclusion of exogenous feed are key factors in optimizing tilapia production in floating cages.

Keywords: Tilapia, Floating cages, Tilapia feeding, growth, survival.

CONTENIDO

Índice

DEDICATORIA	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
Ubicación del Proyecto	6
Materiales y equipos	6
<i>Material biológico</i>	6
<i>Equipos</i>	6
<i>Otros materiales</i>	6
<i>Materiales de oficina</i>	6
Características del estanque donde se colocaron las jaulas.....	6
Dimensiones de las jaulas.....	7
Diseño experimental.....	7
Obtención de tilapias (<i>O. niloticus</i>).....	8
Establecimientos de unidades experimentales	9
Alimentación de tilapias (<i>O. niloticus</i>).....	9
Medición de parámetros pH, oxígeno y temperatura	9
Control de peso semanal de tilapias (<i>O. niloticus</i>)	10
Control de crecimiento semanal de tilapias (<i>O. niloticus</i>)	10
Análisis de datos.....	10
Resultados	10
Características generales del crecimiento, supervivencia de tilapia en jaulas	10
Tasa de crecimiento de tilapia en jaulas (peso)	12
Crecimiento de tilapia sostenida en jaulas (longitud).....	13
Comparación de supervivencia de tilapia (<i>O. niloticus</i>) sostenidos en jaulas dentro de un estanque	14
Concentración de parámetros pH y Temperatura del agua.....	15
Concentración de parámetros Oxígeno y Temperatura del agua.	16
Discusión	16

Conclusiones	20
Recomendaciones	21
Referencias Bibliográficas.....	22
ANEXOS.....	27

Tablas**Páginas**

1 RESULTADOS GENERALES DEL EXPERIMENTO DE LA EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE TILAPIA SOSTENIDOS EN JAULAS EN UN ESTANQUE.....	11
---	----

Figura**Páginas**

1 MORFOLOGÍA EXTERNA DE <i>O. NILOTICUS</i>	4
2 LAS JAULAS FUERON ELABORADAS CON TUBO PVC DE 2 PLG Y MALLA DE 0.5 CENTÍMETRO DE ESPACIO.	8
3 PESO DE PECES SOSTENIDOS EN JAULAS: BARRAS REPRESENTAN EN EL PROMEDIO CON LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	13
4 LONGITUD DE PECES SOSTENIDOS EN JAULAS: BARRAS REPRESENTA EL PROMEDIO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR.....	14
5 SUPERVIVENCIA DE LA TILAPIA SOSTENIDOS EN JAULAS: BARRAS REPRESENTA EL PROMEDIO DE CADA TRATAMIENTO.....	15
6 VALORES DE PH Y TEMPERATURA DEL AGUA (EN LA MAÑANA Y TARDE) EN EL ESTANQUE DONDE SE COLOCARON LAS JAULAS.....	15
7 VALORES DE OXÍGENO Y TEMPERATURA DEL AGUA (EN LA MAÑANA Y TARDE) EN EL ESTANQUE DONDE SE COLOCARON LAS JAULAS.....	16

FIGURAS ANEXAS**Páginas**

1 FABRICACIÓN DE LAS JAULAS, CON TUVO PVC Y MALLA DE 0.5 CM DE DIÁMETRO.	27
2 JAULA CONSTRUIDA CON MATERIALES ESPECIFICOS PARA ACUICULTURA (VISTA DE LADO).....	27
3 VISIÓN DE FONDO DE JAULAS EXPERIMENTALES.	27
4 INSTALACIÓN ESTRATÉGICA DE LAS JAULAS EXPERIMENTALES EN EL ÁREA DESIGNADA DEL ESTANQUE.	27
5 JAULAS INTRODUCIDAS A) JAULA INDIVIDUAL CON ALIMENTO EXÓGENO. B) JAULA COMPARTIDA CON ALIMENTO EXÓGENO. C) JAULA COMPARTIDA SIN ALIMENTO EXÓGENO.	28
6 REGISTRO INDIVIDUAL DEL PESO DE PECES, CON UNA GRAMERA MARCA CAMRY (DOS DECIMALES).	28
7 MEDICIÓN DE LONGITUD DE PECES DESDE LA CABEZA HASTA LA ALETA CAUDAL CON EL USO DE UN ICTIÓMETRO	28
8 REGISTRO DIARIO DEL PESO DE ALIMENTO EXÓGENO SUMINISTRADO EN BASE AL PORCENTAJE DEL PESO CORPORAL DEL PEZ.	28
9 REGISTRO DE PH Y TEMPERATURA EN HORAS DE LA MAÑANA.....	29
10 REGISTRO DE PH Y TEMPERATURA EN HORAS DE LA TARDE.	29
11 MEDICIÓN DEL OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DURANTE EL EXPERIMENTO, CON EL KIT INDICADOR DE OXÍGENO MONITOR DO.	29
12 RESULTADOS COLORIMÉTRICO DE LA CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA DEL ESTANQUE..	29
13 REGISTRO DE SIEMBRA DE PECES TILAPIA (<i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>).	30
14 HERIDA EN EJEMPLAR POR AGRESIÓN DE OTRO PEZ DE MAYOR TAMAÑO.	30
15 DOSIFICACIÓN DE ALIMENTO EN BASE AL PESO DE LOS PECES.....	30
16 LESIÓN EN LA ALETA CAUDAL POR ATAQUE DE OTRO EJEMPLAR.	30
17 EQUIPO DE MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO, KIT COLORIMÉTRICO MONITOR DO.	31

INTRODUCCIÓN

El pez *Oreochromis niloticus*, conocida comúnmente como tilapia del Nilo, es una de las especies más cultivadas en la acuicultura a nivel mundial debido a sus características biológicas favorables para la producción comercial. Destaca por su alta resistencia a cambios en los parámetros ambientales, su rápido crecimiento y su capacidad de adaptarse a diferentes ecosistemas acuáticos, además de presentar resistencia frente a diversas enfermedades (Giacoman y Perdomo, 2021). Estas cualidades la convierten en una especie clave para satisfacer la creciente demanda de proteína de origen acuático y para impulsar el desarrollo económico en comunidades rurales y zonas de producción piscícola.

A nivel global, la tilapia del Nilo ocupa el segundo lugar en producción acuícola después de la carpa herbívora. Los principales países productores se encuentran en el continente asiático, destacando China con una producción anual del 18 al 20%, seguido de Indonesia (17 al 18%), Egipto (14 al 15%), Vietnam y Filipinas (1 al 2%). En América Latina, Brasil lidera con un 6% de producción, mientras que Colombia y México alcanzan porcentajes del 2 y 3% respectivamente (Jory, 2023). Este posicionamiento refleja la importancia de la tilapia en el mercado internacional y su papel en la seguridad alimentaria global.

En Ecuador, la tilapia representa un sector productivo de gran relevancia. En 2021 se exportaron aproximadamente 524.806,37 kilogramos, generando ingresos estimados en 2,19 millones de dólares, con un precio promedio de 1,95 dólares por libra, siendo Estados Unidos el principal destino de exportación durante el año 2022 (Cazar, 2022). Estas cifras demuestran que la tilapia es una alternativa económica sólida y una fuente significativa de empleo e ingresos para los productores locales.

De acuerdo con (Jácome et al., 2019) el cultivo de tilapia en Ecuador se desarrolla principalmente en comunidades rurales de la región costa y del oriente ecuatoriano, constituyendo una actividad que contribuye directamente al sustento económico y a la seguridad alimentaria de estas poblaciones. Entre los sistemas de cultivo utilizados destacan los estanques de tierra, lagunas y esteros, así como el uso de jaulas flotantes, una técnica ampliamente adoptada por su capacidad de optimizar el espacio y facilitar el manejo de las poblaciones.

No obstante, este sistema de producción enfrenta diversos desafíos relacionados con la variabilidad de tamaños en las poblaciones, la densidad de siembra y el manejo alimenticio.

Factores como la competencia intraespecífica, la dominancia de peces de mayor tamaño y la ausencia de prácticas de clasificación inicial generan desigualdades en el acceso al alimento y afectan el rendimiento final del cultivo (Shamsuddin et al., 2022). Estos problemas impactan negativamente en el crecimiento uniforme, elevan los índices de mortalidad y reducen la calidad del producto, repercutiendo directamente en la rentabilidad de la producción.

En los sistemas tradicionales de engorde de tilapia del Nilo, la falta de clasificación por tallas durante la siembra genera una fuerte competencia por el alimento. Los peces de mayor tamaño dominan el consumo, limitando el desarrollo de los ejemplares más pequeños y provocando una elevada mortalidad en el cultivo. Este fenómeno conduce a una conversión alimenticia poco eficiente y, por ende, a pérdidas económicas para los productores.

Otro aspecto crítico es la dependencia exclusiva del alimento natural presente en el medio acuático. En muchos casos no se evalúa el aporte real de nutrientes que este puede proporcionar, lo que genera un déficit alimenticio y limita el crecimiento óptimo de los peces. La falta de alimentación exógena adecuada aumenta la variabilidad en las tallas finales, disminuye la homogeneidad del lote de producción y afecta la calidad del producto destinado al mercado (Shamsuddin et al., 2022).

La combinación de estos factores ocasiona un manejo poco eficiente del cultivo, incrementa los comportamientos jerárquicos agresivos entre individuos y en algunos casos fomenta el canibalismo por la limitada disponibilidad de alimento. En consecuencia, el sistema de jaulas flotantes requiere prácticas técnicas mejoradas que garanticen el bienestar animal, un crecimiento uniforme y una producción más rentable y sostenible.

La necesidad de implementar prácticas de clasificación por tallas y de suministrar alimento exógeno desde el inicio del cultivo es fundamental para reducir la competencia intraespecífica, mejorar el factor de conversión alimenticia (FCA) y aumentar la supervivencia de los peces en jaulas flotantes. Estas medidas son claves para optimizar los sistemas de producción en Ecuador, elevar los niveles de productividad y asegurar la calidad del producto final destinado al consumidor.

El presente estudio surge como respuesta a los requerimientos de piscicultores rurales de la provincia de El Oro, quienes han reportado pérdidas significativas en sus sistemas de engorde debido a la falta de homogeneidad de tallas y a la ausencia de alimentación complementaria. Con este trabajo se busca evaluar el comportamiento de la tilapia bajo condiciones controladas

de variabilidad de tallas y suministro de alimento exógeno, para generar información técnica aplicable al manejo de jaulas flotantes en la región.

En la actualidad el cultivo de la tilapia ha causado gran aceptación a nivel mundial, especialmente en manejo de la calidad del agua y de los parámetros ambientales que impactan directamente su fisiología estas variables no solo afectan la fisiología de los organismos acuáticos, sino que también pueden influir directamente en la eficiencia de la conversión alimenticia y en la tasa de crecimiento y aumentar el riesgo a padecer enfermedades (Venkateswarlu et al., 2019).

Parámetros abióticos

El éxito en la producción de tilapia no solo depende de factores de manejo poblacional y alimentación, sino también de los parámetros físico-químicos del agua, los cuales influyen directamente en el metabolismo, el consumo energético y la supervivencia de los peces. La temperatura es uno de los factores más determinantes, siendo el rango óptimo de 25 a 32 °C para el desarrollo de *O. niloticus* (Aly y Abouelfadl, 2020). Cambios significativos en este parámetro afectan la tasa respiratoria, la ingestión y asimilación de nutrientes, el crecimiento somático y la capacidad reproductiva (Mariano et al., 2022). Estas relaciones destacan la necesidad de sistemas de manejo técnico eficientes que permitan maximizar la productividad y minimizar los impactos ambientales.

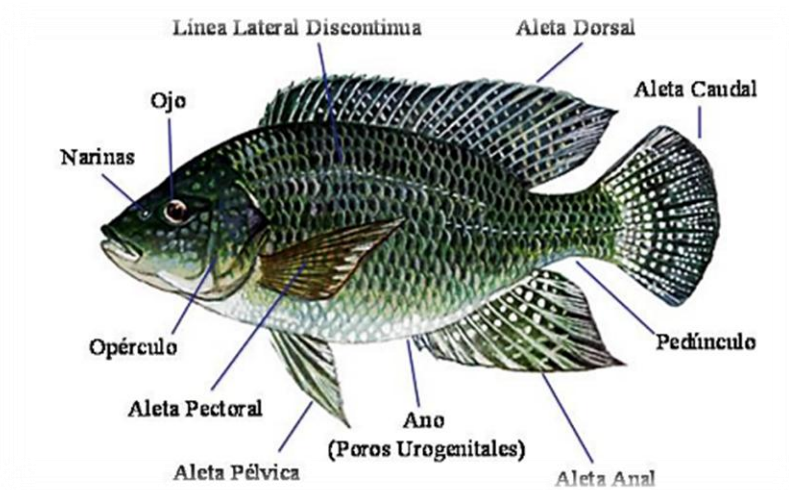
Otros factores como el pH, la dureza, la alcalinidad y la concentración de oxígeno disuelto también desempeñan un papel importante en la fisiología de los peces. Aunque la tilapia tolera rangos amplios de pH (4-11), los valores ideales para la especie se ubican entre 6,5 y 9,0 (Benítez et al., 2020). Mantener estos parámetros dentro de rangos óptimos permite garantizar la calidad del agua, el bienestar animal y la eficiencia de la conversión alimenticia (Ruales et al., 2020).

Un estudio realizado por (Mariluz et al., 2023) mencionan que a niveles de oxígeno > 4 mg/l se mantiene el cultivo controlado y animales saludables, además, demostraron que el consumo de oxígeno en la Tilapia del Nilo disminuye a medida que aumenta el peso corporal, manteniéndose constante a 30 °C. Esto sugiere que los requerimientos de oxígeno de rutina, que reflejan el metabolismo basal y la actividad espontánea, son menores en peces más pesados. Adicionalmente, los sistemas de producción de tilapia han evolucionado y requiriendo altos niveles de tecnificación para mantener la calidad del agua y garantizar el bienestar animal (Collazos et al., 2021). En cultivos más controlados, como los realizados en estanques de concreto, densidades de hasta 20 peces/m³ han mostrado buenos resultados, siempre que se

consideren factores como el tamaño de los peces y la capacidad de carga del sistema (Coreas et al., 2022). Por otra parte, modelos combinados, como los sistemas de arroz y peces, han reportado crecimientos óptimos en densidades de 6 peces/ m³, evidenciando su viabilidad en sistemas diversificados (Billah et al., 2020).

Esta especie puede encontrarse en diversos cuerpos de agua dulce, como lagos, ríos y canales de aguas residuales y de riego. Aunque su supervivencia en agua de mar donde se demuestran estudios a 35 ppt, puede llegar adaptarse fácilmente fuera el rango de salinidad mencionado, por lo que se considera una especie invasora. (Billah et al., 2020). Se encuentra en numerosos países con fines de acuicultura logrando colonizar tanto ambientes de agua dulce como salobre, gracias a su excelente capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales (Hernández et al., 2023).

Figura 1 Morfología externa de *O. niloticus*.



Fuente: (Velásquez, 2022)

La reproducción de *O. niloticus* es asincrónica, con la madurez sexual alcanzada entre los 3 y 6 meses de vida, dependiendo de la temperatura ambiental. Los machos demuestran comportamientos reproductivos característicos, estableciendo nidos para atraer a las hembras y facilitar el proceso de apareamiento (Ganoza et al., 2021). Por otro lado, el dimorfismo sexual es evidente en esta especie; los machos suelen ser más grandes y presentan una aleta caudal puntiaguda, mientras que, en la etapa reproductiva, las aletas de las hembras adquieren tonos rojizos (Hernández y Acosta, 2021).

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar el efecto del pH y Oxígeno Disuelto y su influencia en el crecimiento y la supervivencia de alevines de (*Oreochromis niloticus*) cultivados en jaulas bajo la clasificación por tamaño, con y sin presencia de alimento exógeno.

Objetivos Específicos

- Analizar el efecto de los parámetros abióticos pH y oxígeno disuelto sobre el crecimiento y supervivencia de los peces sostenidos en jaulas flotantes.
- Determinar las tasas de crecimiento de la tilapia sostenidas en jaulas bajo diferentes condiciones de tamaño y suministro de alimento exógeno.
- Comparar los porcentajes de supervivencia entre los grupos experimentales de tilapia en función de la variabilidad de tamaño y la presencia de alimentación exógena.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Proyecto

El estudio se llevó a cabo en una granja situada en las siguientes coordenadas: -3.679562 y -80,103806, dentro de la Provincia de El Oro, y cercana a la FCA de la UTMACH. Aspectos logísticos impidieron realizar el estudio dentro de la granja Santa Inés de la FCA, sin embargo, el sitio donde se realizó el estudio en el Cantón Arenillas tiene las mismas condiciones ambientales del sitio originalmente planteado.

Materiales y equipos

Material biológico

- Peces (*Oreochromis niloticus*)

Equipos

- pHmetro
- Kit Monitor oxígeno
- Termómetro
- Balanza gramera

Otros materiales

- Atarraya
- Ictiómetro
- Gaveta
- Balanceado
- Jaulas

Materiales de oficina

- Cuaderno de apuntes de datos
- Computadora
- Cámara celular
- Software estadístico

Características del estanque donde se colocaron las jaulas

El estanque de tierra utilizado en la investigación presentó dimensiones de 15 metros de ancho, 25 metros de largo y 1,7 metros de profundidad, con una capacidad total de almacenamiento de 637,5 m³ de agua. El llenado del estanque fue realizado con agua proveniente de un pozo ubicado dentro de la finca para subir niveles de agua que se pierde por evaporación y filtraciones.

Dimensiones de las jaulas

Se elaboraron cinco jaulas con diferentes dimensiones y longitudes, empleando materiales reutilizables. La primera tuvo medidas aproximadas de 2 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 1,2 metros de profundidad, mientras que las restantes fueron de tamaño menor, con dimensiones cercanas a 1,5 metros de largo por 1 metro de ancho, adaptadas según las necesidades del proyecto.

Diseño experimental

El diseño experimental consistió en la evaluación del crecimiento y la supervivencia de la tilapia en jaulas, llevando control de alimento (Pérez et al., 2021).

Jaula 1. Unidad experimental (VCA1): Con variabilidad de tamaño, con alimentación con una biomasa de 18,21 por m³.

Jaula 2. Unidad experimental (UCA2): Sin variabilidad de tamaño, con alimentación con una biomasa de 19,79 por m³.

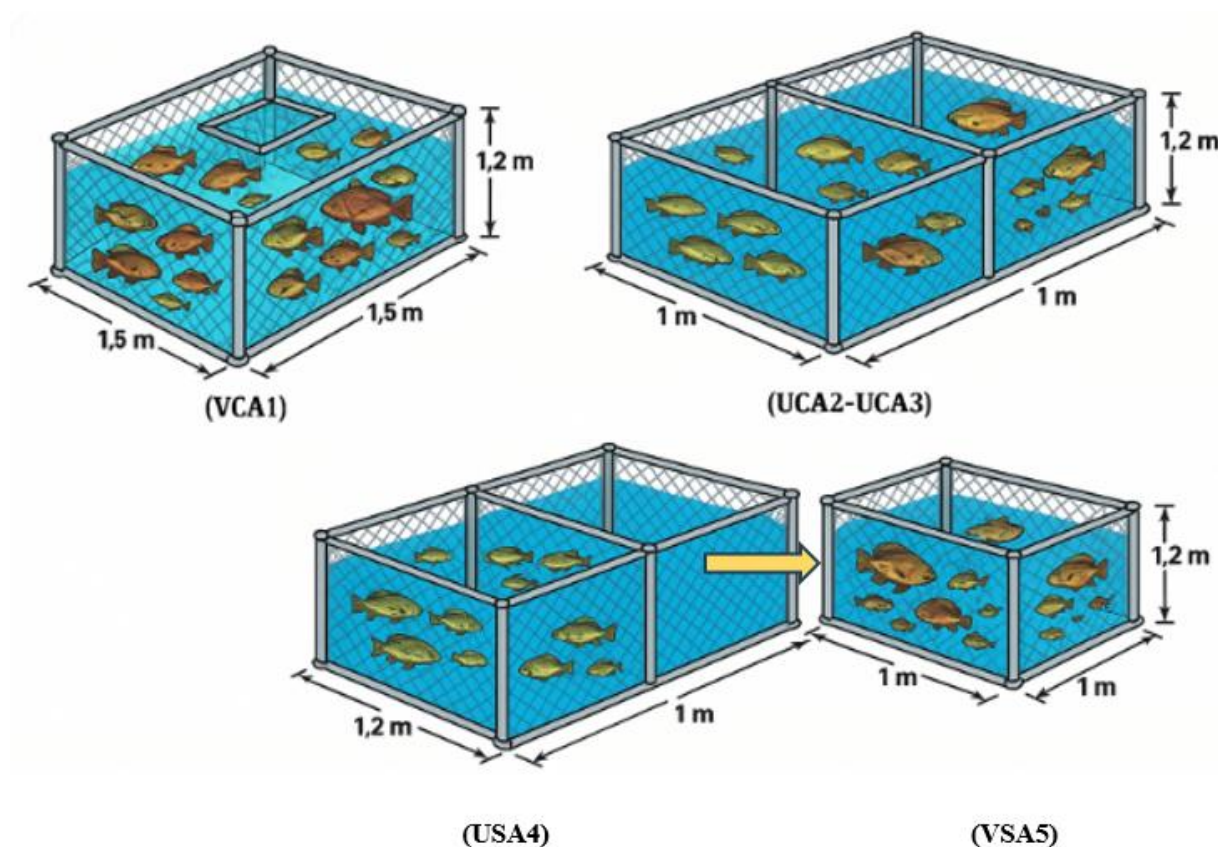
Jaula 3. Unidad experimental (UCA3): Sin variabilidad de tamaño, con alimentación con una biomasa de 19,49 por m³.

Jaula 4. Unidad experimental (USA4): Sin variabilidad de tamaño, sin alimentación con una biomasa de 18,83 por m³.

Jaula 5. Unidad experimental (VSA5): Con variabilidad de tamaño, sin alimentación con una biomasa de 19,30 por m³.

Tipo de Jaulas utilizadas

Figura 2 Las jaulas fueron elaboradas con tubo pvc de 2 plg y malla de 0.5 centímetro de espacio.



Las unidades experimentales consistieron en jaulas construidas con malla negra con una abertura de 0.5 cm, adecuada para el sostenimiento de juveniles de tilapia (*O. niloticus*). La estructura de soporte fue elaborada con tubería de PVC de alta resistencia, la cual proporcionó estabilidad y durabilidad a las jaulas durante el periodo experimental.

Obtención de tilapias (*O. niloticus*)

Los ejemplares fueron obtenidos de la propia granja donde se realizó la captura de peces del estanque y sometidos al encierro en jaulas flotantes ubicadas en el mismo estanque el cultivo. Mientras se realizaba la evaluación de tamaño inicial, los peces se mantuvieron en baldes para proceder a la selección de forma al azar para cada una de las jaulas según el planteamiento experimental de una biomasa por m³ específica de igual similitud para cada unidad experimental. Los cardúmenes de alta variabilidad de tamaño se sembraron a las unidades experimentales (VCA1 y VSA5), mientras que las poblaciones de peces de tamaño uniforme fueron sembrados a las unidades experimentales (UCA2, UCA3 y USA4).

Establecimientos de unidades experimentales

En la unidad experimental 1 (VCA), se sembraron 37 juveniles, con una biomasa por m³ de 18.21 gramos de pez, con pesos entre 13 a 45,5 gr. esta jaula fue destinada a observar el comportamiento de crecimiento y supervivencia bajo condiciones de mayor competencia por espacio y alimento con tallas y pesos diferentes.

En la unidad experimental 2 (UCA) se estableció una biomasa por m³ de 19,79 gramos de pez, con pesos entre 18 y 20,36 gr y la unidad experimental 3 (UCA) se estableció una biomasa por m³ de 19,49 gramos de pez, con pesos entre 19 hasta 20,48 gr, se colocaron 20 juveniles por cada unidad experimental. Para La unidad experimental (USA) se sembraron 22 juveniles con una biomasa por m³ de 18.83 gramos de pez, con un peso entre 15 hasta 18,7 gr con pesos y tallas uniformes.

Finalmente, la unidad experimental 5 (VSA) fue diseñado con una biomasa por m³ de 19,30 gramos de pez, con pesos que varían entre 7 y 70,6 gr, utilizando 16 juveniles. Este tratamiento buscó evaluar el desempeño individual de los peces con disparidad de peso y talla, para identificar la influencia del comportamiento de los peces más grandes a los de menor tamaño. Estas jaulas permitieron comparar el efecto de condiciones de manejo con respecto a la presencia de alimento exógeno, diferencia de tamaño de grupo de peces y calidad del agua. Cada unidad experimental fue implementada en una jaula independiente, permitiendo un control de las variables y un monitoreo de peso, talla y sobrevivencia de cada unidad experimental, así como también permitir la observación de las interacciones entre peces.

Alimentación de tilapias (*O. niloticus*)

El suministro de alimento a la población de peces para las jaulas parcialmente identificadas a recibir una dosis de alimento para se realizó dos veces al día. El alimento fue suministrado en horas de la mañana y de la tarde con un porcentaje de alimento de acuerdo al peso corporal del pez. El método de alimentación fue al voleo de manera uniforme, por un periodo de tiempo de 5 minutos para que sea aprovechado de manera eficiente. Solo se alimentaron a los grupos de peces de las unidades experimentales (VCA1), (UCA2) y (UCA3).

Medición de parámetros pH, oxígeno y temperatura

Para realizar la medición de concentración de oxígeno disuelto en el agua del estanque se realizó con la ayuda del kit colorimétrico Monitor DO. Así mismo, se empleó un pHmetro digital marca multifunción, que a su vez media la temperatura del agua. Para la medición de estos parámetros se empleó directamente en el agua del estanque, de preferencia en puntos estratégicos cercanos

a las jaulas y en zonas representativas de la superficie y la columna de agua, con el fin de obtener datos precisos del ambiente en el que se desarrollan los peces. Estas mediciones se llevaron a cabo a las 6:00 a.m. y a las 18:00 p.m.

Control de peso semanal de tilapias (*O. niloticus*)

El control de peso se llevó a cabo el día sábado de cada semana durante todo el periodo de las cuatro semanas que duró la investigación, con la utilización de una balanza gramera digital marca Camry con dos decimales. El registro individual revela si todos los peces están creciendo de manera uniforme o si existen diferencias significativas entre ellos; permitiendo así obtener datos para el análisis final de resultados.

Control de crecimiento semanal de tilapias (*O. niloticus*)

Para el control de crecimiento de los alevines se consideró un registro semanal específicamente el día sábado en un lapso de cuatro semanas. Cabe recalcar que el monitoreo individual de la longitud también ayuda a detectar desigualdades en el lote, como la presencia de peces dominantes que crecen más rápido y otros que quedan rezagados por competencia por alimento. El control consistió de una medición del pez desde la punta de la aleta caudal hasta el extremo de su alargue bucal. Para la medición de tamaño se utilizó un ictiómetro artesanal que es comúnmente utilizados en control de peces vivos en cultivo.

Análisis de datos

La descripción de las variables y de las unidades experimentales se efectuó mediante un análisis estadística descriptiva utilizando el programa Excel. Durante las cuatro semanas de duración del experimento se recopilaban los datos de manera individual en cada pez, registrando la tasa de crecimiento en peso, talla y supervivencia (%) de cada pez en las unidades experimentales. Posteriormente, se calcularon indicadores como el promedio de crecimiento, la desviación estándar (DS) y el coeficiente de variación (CV).

Resultados

Características generales del crecimiento, supervivencia de tilapia en jaulas

En la tabla número 1 se describen los resultados generales obtenidos en el experimento del cultivo de tilapia sostenidos en jaulas con y sin provisión de alimento exógeno.

Todos los experimentos tuvieron una misma densidad en términos de biomasa por m^3 en jaulas la cual vario entre 18,21 a 19,79 gramos de pez por m^3 de área en jaula. Aunque el número de peces sea diferente la tasa de biomasa fue relativamente similar, lo cual nos permite realizar comparaciones entre las jaulas experimentales, en este caso el tamaño de peces fue variable, la densidad de peso por volumen de agua en el encierro es similar.

Es importante señalar que el coeficiente de variación de los tamaños o pesos de los peces inicialmente fue diferente entre una jaula y otra, esto es debido a que la investigación fue obteniendo peces de la misma piscina de forma al azar grandes y pequeños. La investigación permitió determinar en qué medida del tamaño de estos peces incide en la supervivencia y el crecimiento de los mismo.

Tabla 1 Resultados generales del experimento de la evaluación de la supervivencia y crecimiento de tilapia sostenidos en jaulas en un estanque.

Resultados Generales del Experimento					
Parámetros	Jaula (VCA1)	Jaula (UCA2)	Jaula (UCA3)	Jaula (USA4)	Jaula (VSA5)
Volumen jaula (m^3)	3,6	1,8	1,8	1,8	1,8
Biomasa inicial	758,09	387,94	392,39	313,03	391,35
Biomasa final	1055,51	646,53	647,58	172,24	146,38
Biomasa/ m^3 inicial (g)	18,21	19,79	19,49	18,83	19,3
peso inicial (g)	25,26	19,36	19,62	17,42	15,99
Número de peces	37	20	20	22	16
Coeficiente de variación de peso inicial (%)	41,18	3,07	2,23	3,38	71,4
Peso final (g)	35,18	34,02	34,08	19,14	18,28
Número de peces	30	19	19	12	8
Supervivencia	81,08	95	95	54,55	50
CV de peso final (%)	39,41	2,86	2,19	3,64	67,1
Tasa de crecimiento/d (cm)	0,044	0,057	0,055	0,01	0,02
Tasa de crecimiento/d (g)	0,35	0,52	0,51	0,06	0,08
Consumo de alimento exógeno (g)	864,25	463,32	453,36		
Conversión alimenticia	2,9	1,79	1,68		

De acuerdo con los resultados obtenidos, se evidenció que la jaula (VCA1) que contenía peces de alta variabilidad con alimentación exógena, a pesar de contar con el mayor volumen y biomasa inicial, presentaron una tasa de crecimiento en peso de 0,35 g/día y en longitud 0,044 cm/día, reflejando un crecimiento adecuado durante el periodo del experimento, aunque con menor eficiencia alimenticia 2,9 y mayor variabilidad en el peso final de los peces, con una supervivencia del 81,08%.

Por otra parte, los peces de uniformidad de talla y peso de las jaulas (UCA2 y UCA3) presentaron el mejor desempeño productivo en jaulas con tilapia (*O. niloticus*), alcanzando tasas de crecimiento diario de 0,56 cm y 0,52 g, así como altos porcentajes de supervivencia 95% y una conversión alimenticia eficiente (1,79 y 1,68 respectivamente). Además, mostraron uniformidad en el tamaño de los peces tanto al inicio como al final del ensayo, lo cual es favorable.

A diferencia de las unidades experimentales anteriormente descritas, los peces con alta variabilidad de talla sin alimento exógeno de la jaula (VSA5) y los peces con peso y talla uniforme sin alimento exógeno (USA4) reflejaron un bajo rendimiento, con escaso crecimiento y alta mortalidad. Los peces de la jaula USA4 presentaron una tasa de crecimiento en peso de 0,06 g/día y 0.1 cm/día, en longitud, con supervivencia 54.55% valores considerablemente bajos en comparación con los peces de las demás jaulas. y los peces de la jaula VSA5 0,08 g/día y 0.02 cm/día, en cuanto a la supervivencia resulto ser el más bajo con el 50%, una tasa de crecimiento y coeficientes de variación elevados.

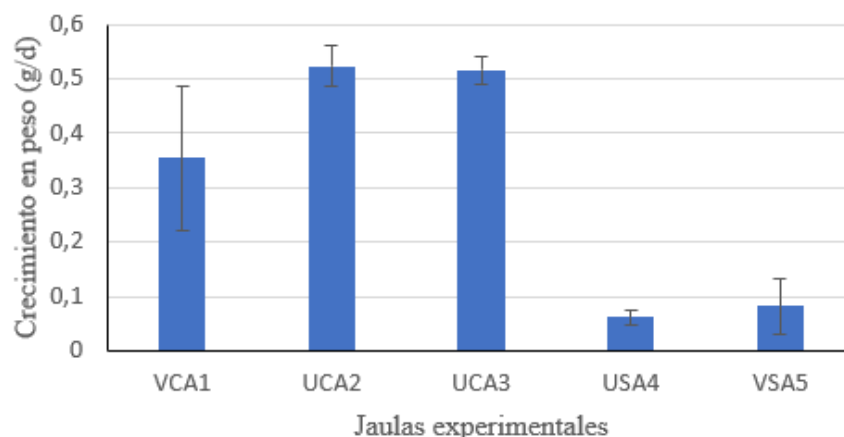
Tasa de crecimiento de tilapia en jaulas (peso)

La figura 3 presenta la tasa de crecimiento en peso (g/día) de tilapias sostenidas en cinco unidades experimentales, diferenciados por el tamaño de los peces (uniforme o de alta variabilidad), así como la presencia de alimento exógeno. Se observa que las mayores tasas de crecimiento corresponden a poblaciones de tilapia de tamaño uniforme con alimento exógeno sostenida en las jaulas UCA2 y UCA3, con valores que superan los 0.5 g/d, evidenciando un crecimiento eficiente bajo estas condiciones.

Seguidamente, se encuentra la jaula VCA1, correspondiente a la población de tilapias con alta variabilidad de tamaño con alimento exógeno, con una tasa de crecimiento intermedia cercana a 0.35 g/d, inferior al crecimiento obtenido en la población con tamaño uniforme, pero superior a las que no recibieron alimento suplementario durante la duración de la investigación.

Las tasas de crecimiento más bajas se registraron en los tratamientos sin adición de alimento suplementario. Por su parte, las poblaciones de peces de la jaula VSA5 (alta variabilidad de tamaño y sin alimento) mostró un crecimiento levemente superior al de USA4 (uniformidad de tamaño sin alimento) con tasas de crecimiento por debajo de 0.1 g/d en ambos casos. Esto indica que la ausencia de alimento externo limita considerablemente el crecimiento, independientemente de la composición poblacional, aunque los peces de mayor tamaño que están presentes en jaulas con grupos variables pueden tener una ligera ventaja.

Figura 3 Peso de peces sostenidos en jaulas: Barras representan en el promedio con la desviación estándar.



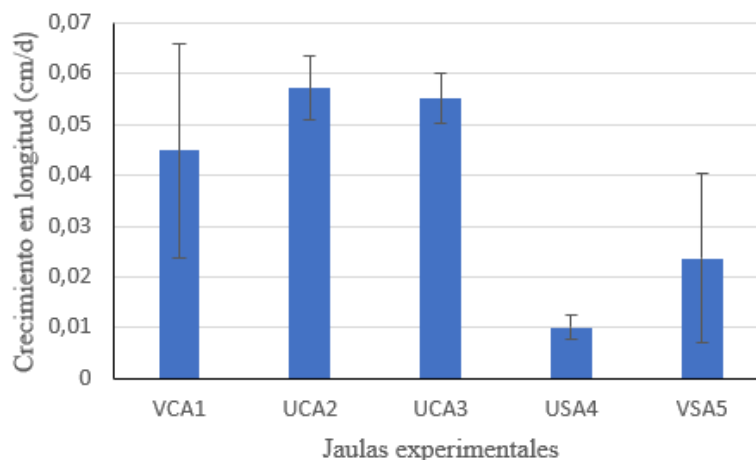
Crecimiento de tilapia sostenida en jaulas (longitud)

Como se puede observar la figura 4 representa la tendencia de crecimiento en longitud (cm) de *O. niloticus* en las diferentes jaulas evaluadas durante las cuatro semanas de cultivo. La tasa de crecimiento en longitud (cm/día) de las tilapias presentó diferencias marcadas entre las unidades experimentales evaluadas. Los peces sostenidos en las unidades experimentales (UCA2 y UCA3), que corresponden a peces uniformes con alimento exógeno, mostraron las mayores tasas de crecimiento, con valores aproximados de 0.056 cm/día y 0.055 cm/día respectivamente. Estos datos indican que la combinación de peces con uniformidad en tamaño, con suplementación alimenticia favorece un crecimiento lineal sostenido en las poblaciones de peces.

Por otra parte, los grupos de peces de tamaño variable que recibieron alimento exógeno (VCA1), que contiene peces de alta variabilidad con alimento suplementario alcanzó una tasa de crecimiento en longitud promedio de 0.044 cm/día, ligeramente inferior a la de los grupos uniformes. Esta diferencia sugiere que, a pesar del acceso al alimento suplementario, la heterogeneidad de tamaños influyó en la competencia intraespecífica, pudiendo ser un factor que puede limitar el crecimiento de los peces de menor talla.

Además, las tasas más bajas de crecimiento se registraron en las unidades experimentales que no se adicionó alimento exógeno como son los grupos de peces de alta variabilidad (VSA5), una tasa de crecimiento en longitud promedio de 0.02 cm/día, mientras que el lote de peces de la jaula USA4, se evidenció la menor tasa de crecimiento, con un valor cercano a 0.01 cm/día, siendo la menor en comparación con las demás unidades experimentales.

Figura 4 Longitud de peces sostenidos en jaulas: Barras representa el promedio de la desviación estándar.



Comparación de supervivencia de tilapia (*O. niloticus*) sostenidos en jaulas dentro de un estanque

Como se observa el estudio de la supervivencia de *O. niloticus* sostenidas en jaulas instaladas en un estanque, mostró diferencias notorias entre los tratamientos con alta y baja variabilidad de talla, con y sin alimentación exógena. Los valores que se presentan y verifican los porcentajes obtenidos de supervivencia de la población de peces en su respectiva jaula, dentro del periodo de cuatro semanas que han sido de gran relevancia siendo necesario evaluar cada etapa.

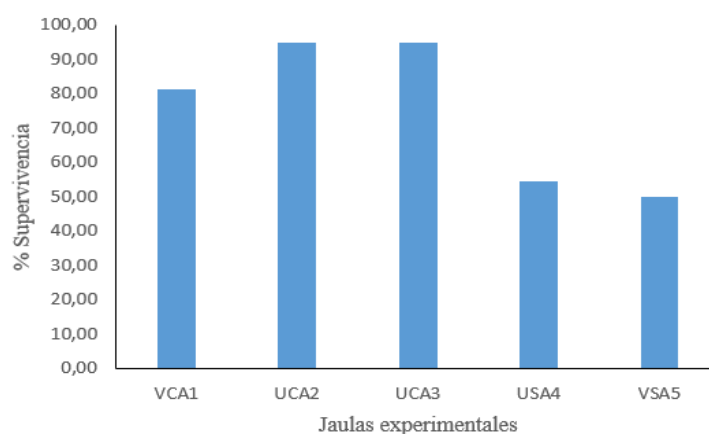
Las unidades experimentales UCA2 y UCA3, que correspondieron a grupos de peces de talla y peso uniforme con adición de alimento exógeno, registraron los mayores porcentajes de supervivencia, ambos al 95 %. Se obtuvo un efecto positivo en la supervivencia.

Por otro lado, los grupos de peces que no se otorgó alimentación exógena registraron supervivencias considerablemente más bajas. Los peces de la unidad experimental (USA4), con talla uniforme sin alimento exógeno, mostró un valor aproximado del 54.55 %, mientras que la población de peces de la unidad experimental (VSA5), caracterizado por peces con alta variabilidad sin alimentación exógena, presentó la menor supervivencia, inferior al 50 %.

En contraste, la homogeneidad en tamaño reduce la competencia desigual por los recursos naturales disponibles en el estanque y limita el comportamiento agresivo y el canibalismo intraespecífico. En contraste, la población de peces con alta variabilidad en (VSA5), fomenta interacciones jerárquicas donde los individuos de mayor tamaño monopolizan el alimento

natural y ejercen dominancia sobre los más pequeños, incrementando la mortalidad y reduciendo significativamente la supervivencia del lote.

Figura 5 Supervivencia de la Tilapia sostenidos en jaulas: Barras representa el promedio de cada tratamiento.

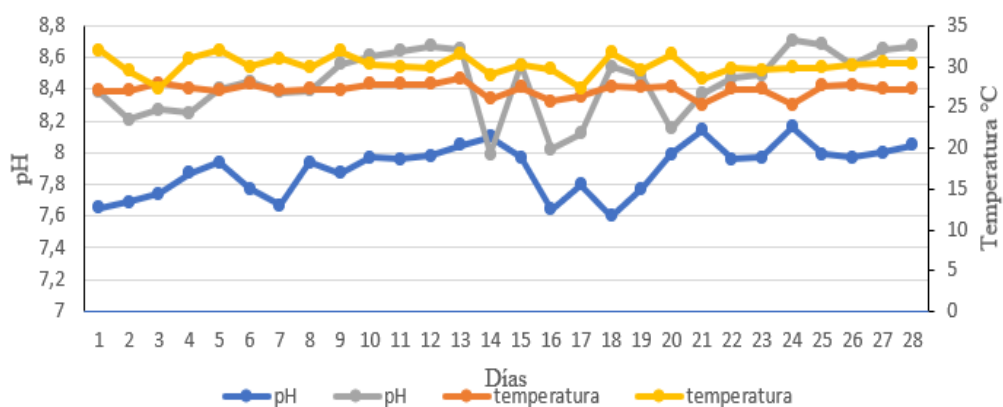


Concentración de parámetros pH y Temperatura del agua.

En la figura 6, destaca los valores de pH y temperatura del agua se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo de tilapia (pH entre 7,5 y 8,6; temperatura óptima entre 26 °C y 32 °C).

Como se puede constatar los resultados que se han obtenido en la práctica el cual son reflejados en la gráfica tanto el pH y temperatura tomados en diferentes horarios se muestra un aumento de manera progresiva y estable, estableciendo variaciones tanto en la mañana y tarde que no tiende a una variación súbita, considerando un equilibrio neutral en un ambiente adecuado.

Figura 6 Valores de pH y Temperatura del agua (en la mañana y tarde) en el estanque donde se colocaron las jaulas.

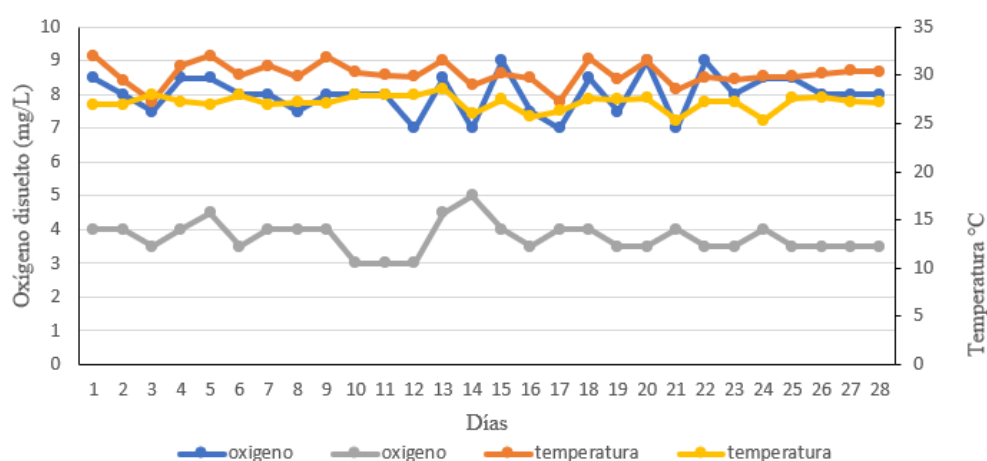


Concentración de parámetros Oxígeno y Temperatura del agua.

En la Figura 7 exhibe el oxígeno disuelto llegó a estar entre 3,0 y 5,0 mg/L, como muestra la línea gris. Aunque no hubo cambios significativos, el nivel de oxígeno subió un poco, casi hasta 5,0 mg/L, los días 5, 14 y 21. En ese mismo período, las mediciones de oxígeno de la tarde, señaladas en azul, quedaron siempre por encima, variando entre 7,0 y 9,0 mg/L. Allí emergieron picos claros, también aparecieron descensos breves el 11, el 16 y el 20, lo que muestra que el oxígeno de la tarde fue más irregular.

La temperatura relativamente estable favorece el mantenimiento de los niveles de oxígeno disuelto, evitando situaciones de estrés térmico que podrían reducir la capacidad de retención de oxígeno en el agua; igualmente la temperatura se mantuvo en rango óptimos entre 26 a 32°C

Figura 7 Valores de Oxígeno y Temperatura del agua (en la mañana y tarde) en el estanque donde se colocaron las jaulas.



Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación demostraron que el pH del agua fluctuó entre 7,5 y 8,6 en el estanque donde se ubicaron las jaulas flotantes sin la existencia de ningún efecto sobre los resultados de crecimiento y supervivencia. Por otro lado, el oxígeno disuelto en el agua varío entre 3,8 y 8,10 y de la misma manera no se pudo verificar un efecto negativo en el cultivo ya que los valores estuvieron bajo condiciones normales y aceptables para la tilapia.

El estudio determinó que las poblaciones de peces de tamaño uniforme, sostenidos en las unidades experimentales (UCA2 y UCA3) alcanzaron mejor rendimiento tanto en longitud

(~0,56~0,55 cm) como en peso (~0,52~0,51 g), en comparación con las poblaciones de peces con alta variabilidad de tamaño (VCA1 y VSA5).

Los resultados del presente estudio coinciden con otros reportes que indican que lotes homogéneos permiten una competencia más equilibrada por alimento y espacio, reduciendo el estrés social y mejorando la eficiencia alimenticia (Tuan et al., 2023). En contraste, la población de peces de alta variabilidad de tamaño (VCA1), a pesar de recibir alimento exógeno, presentó un crecimiento intermedio (0,44 cm; peso 0,35 g) registrándose una leve caída en peso en la última semana, lo que sugiere que la heterogeneidad de talla genera dominancia social y una limitación, de los individuos más pequeños al alimento suministrado (Dos Santos et al., 2021).

En cuanto a la influencia de la presencia de alimento exógeno, los datos muestran su papel decisivo en el comportamiento de peces en condiciones de cautiverio. Los grupos de peces con peso y talla uniforme y sostenidos con provisión de alimento exógeno (UCA2 y UCA3), resultaron con el mejor crecimiento. Por otro lado, los grupos de peces (USA4 y VSA5), que no recibieron alimento exógeno, presentaron los crecimientos más bajos (longitud <0,2 cm; peso <0,1 g), independientemente de su uniformidad de talla. Esto subraya que, en sistemas de cultivo en jaulas, el aporte natural del estanque puede resultar insuficiente para sostener el crecimiento de los individuos de manera óptima y homogénea en la población de peces, confirmando la necesidad de una dieta suplementaria (Brindis et al., 2022) lo cual fue observado en los peces uniformes que sostuvo la jaula (BV4).

La alteración en el rendimiento observado tanto en longitud y peso en la población de peces de la unidad experimental (VCA1), en la cual se registró un aumento sostenido de longitud, pero una leve caída en peso al final del experimento, puede explicarse por la posible presencia de estrés o subalimentación. Este comportamiento concuerda con recientes investigaciones que indican que el estrés jerárquico limita la asimilación de alimento y, en particular, afecta el crecimiento de la biomasa de peces (Costa et al., 2024). Los hallazgos del presente estudio pueden ser aplicables en cualquier especie acuática en cautiverio y de manera especial cuando se utilizan sistemas de cultivo en jaulas, por lo tanto, el efecto del desplazamiento del crecimiento de grupos de peces sostenidos en jaulas repercute finalmente sobre la uniformidad de tamaño de peces a obtener al final de un periodo de cultivo.

Una de las limitaciones del presente estudio, fue la falta de información cualitativa y cuantitativa (fitoplancton y zooplancton) en el agua del estanque donde se colocaron las jaulas, por lo tanto, resulta difícil saber cuánto de la alimentación de los peces proviene de la

productividad natural del estanque. La literatura reciente demuestra que incluso pequeños cambios en la calidad del agua pueden modificar el crecimiento, la conversión alimenticia y la salud de la tilapia, y por ende la eficiencia global del sistema (Elserafy et al., 2021), Esto sugiere que estudios posteriores sobre el análisis del comportamiento de poblaciones de peces en cautiverio en sistemas de cultivo en jaulas, deben incluir evaluaciones ambientales más integrales que relacionen la productividad natural del ecosistema con los resultados zootécnicos encontrados y que, a su vez, permitan perfeccionar las prácticas de manejo del sistema de cultivo.

Haciendo un análisis exhaustivo y haciendo comparación con otros artículos relacionados al tema principal especialmente con el Salmón del Atlántico (*Salmo Salar*) se destacan condiciones relevantes como es el caso estudiado por Botero (2004) quien enfatiza el problema de la escasez de alimento en poblaciones con alta densidad. El rendimiento de una población de peces en cautiverio bajo sistemas de cultivo en jaulas, demuestra la presencia de peces más dominantes que demuestran una capacidad más ágil para obtener el alimento, dejando sin alimentación a otros peces subordinados y en desventaja. El efecto de este comportamiento, genera un crecimiento desigual de la población de peces y un estrés fisiológico de una parte de esta población, además altas conversiones alimenticias (Botero, 2004). Este comportamiento ha sido observado en el presente encontrándose que los lotes con alta heterogeneidad de tamaño agrupados en las unidades experimentales (VCA1 y VSA5), presentaron menor crecimiento probablemente por competencia jerárquica donde los peces más grandes desplazaron a los más pequeños reduciendo su acceso al alimento y su ganancia de peso, e inclusive causando una significativa mortalidad y alta tasa de conversión de alimento en la unidad experimental (VCA1).

Otro criterio que merece atención es la calidad ambiental del estanque o del sitio donde se establezcan los sistemas de cultivos en jaulas, ya que la disponibilidad de alimento no siempre es suficiente, por lo que se requiere una dieta suplementaria adecuada para lograr un crecimiento eficiente; hallazgo que ha sido reportado en el estudio de tilapias que recibieron alimento exógeno (UCA2 y UCA3), las cuales tuvieron mejores tasa de crecimiento y desempeño zootécnico, que aquellos peces carentes de alimento suplementario (USA4 y VSA5) confirmando la necesidad de un alimento balanceado para mantener el rendimiento.

Esto explica que el comportamiento de búsqueda de alimento es un mecanismo adaptivo que depende de la cantidad de peces, el grado de hambre y las condiciones ambientales, lo que

explica que la presencia de peces más activos tiende a tener mayor éxito en la captura, pero además consumen más energía en el proceso, lo cual exige mayor cuidado en una alimentación.

En relación a la clasificación por tamaños durante el cultivo, en un estudio realizado por Ferreira (2020) con el pirarucú (*Arapaima gigas*) encontró que la clasificación por tallas no eliminó completamente la jerarquía social, pero si permitió cambios en la posición jerárquica, dado que un grupo clasificado como peces pequeños, solo el 27.2% mejoro su estatus social durante el cultivo (Ferreira, 2020). En el presente estudio, con la tilapia en jaulas sin clasificar como (VCA1 y VSA5) se pudo observar la heterogeneidad de tallas generó una dominancia establecida que afecto el acceso al alimento limitando el crecimiento de los peces subordinados habiéndose demostrado que la jerarquía social influye directamente en el crecimiento. Tal como ha sido observado, en el pirarucú (*Arapaima gigas*) por Ferreira (2020), el crecimiento puede alterarse aun cuando los peces se realiza clasificación por tallas, en el presente estudio, el comportamiento jerárquico de la tilapia se vuelve más rígido en condiciones desfavorables como la falta de (alimento exógeno). Este hallazgo refuerza la importancia de aplicar estrategias de manejo como la clasificación por tallas, pero muy importante de una alimentación controlada, a fin de mitigar en algún grado el efecto jerárquico y de desplazamiento de peces más pequeños, especialmente en sistemas de cultivo en jaulas, lo cual consecuentemente podría reducir la mortalidad, mejorando la eficiencia productiva y garantizar el bienestar de los peces durante el ciclo de cultivo.

En relación al comportamiento canibalístico en tilapia, de acuerdo a la observado en la investigación, el efecto de la falta de alimento exógeno en tilapia sostenida en jaula causó un comportamiento caníbal en los peces, lo cual fue observado en los cardúmenes de alta variabilidad de tamaño, (VSA5). El canibalismo en tilapia fue evidente ya que durante los muestreos se pudo observar y retirar restos de espinas vertebrales de peces con escaso tejido muscular.

Conclusiones

En el presente estudio, el pH y el oxígeno disuelto del estanque en el agua estuvieron en valores normales durante la experimentación de cultivo en jaulas flotantes, por tanto, no tuvieron mayor influencia en el comportamiento de los peces. De acuerdo al experimento planteado, la tasa de crecimiento el peso corporal la talla alcanzada y la supervivencia fueron óptimas en los grupos de tilapia que tuvieron un tamaño homogéneo y recibieron alimentación exógena. Esto permite concluir que la combinación de peces homogéneos y una correcta suplementación favorece un entorno productivo eficiente y reduce los niveles de competencia interna.

En términos de crecimiento individual, ganancia de peso, alargamiento corporal y tasa de sobrevivencia, el tratamiento de peces con variabilidad de tamaño y con alimento exógeno reflejó resultados moderados, lo que indica que, aunque la alimentación suplementaria puede amortiguar los efectos negativos de la competencia, esta no es suficiente cuando existe una marcada heterogeneidad en el tamaño de los peces.

Los resultados del presente estudio plantean la conclusión de que aun cuando los parámetros ambientales sean adecuados para el cultivo de peces, existe otro factor como el emparejamiento morfométrico que es importante en el rendimiento productivo, por tanto, este factor, es una herramienta esencial en el manejo de jaulas flotantes, lo cual indica que el confinamiento de las tilapias en jaula debe asegurar uniformidad de tamaño una dieta balanceada, cantidad y frecuencia optima a fin de que se evite la competencia social y mortalidad durante el periodo de confinamiento.

Se pudo constatar que el alimento exógeno ha tenido un gran impacto para el desarrollo de la Tilapia dado que se ha demostrado que el suplemento alimenticio es crucial para que el organismo obtenga un crecimiento somático eficiente uniforme.

Por otro lado, la supervivencia en cada jaula que sostuvieron los peces a los cardúmenes que se otorgó alimento exógeno, se evidencio una tasa de supervivencia mayormente alta en comparación a los grupos de peces que no se les aplicó alimentación suplementaria en los cuales se observó una mortalidad del hasta el 50% y efecto canibalístico. Lo que permite concluir que

al tener un protocolo de alimentación establecida se obtendrá un crecimiento sostenido mitigando la presencia de estrés fisiológico por falta de alimentación y evitando así la mortalidad.

Recomendaciones

En la provincia de El Oro existen varios sitios donde se cultivan tilapia de manera artesanal, por tanto, del presente estudio se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere implementar desde el inicio del cultivo una clasificación precisa por tamaño para conformar lotes parejos. Esta práctica debe acompañarse de un plan nutricional constante para asegurar un desarrollo parejo y reducir la mortalidad en jaulas flotantes.
- Realizar protocolos estandarizados de alimentación, junto con monitoreos periódicos de salud y supervivencia.
- Se recomienda establecer protocolos de alimentación que garanticen una dosificación adecuada del alimento suplementario según el tamaño y la etapa de crecimiento de los peces, evitando tanto el desperdicio como la desnutrición por competencia.
- Capacitaciones a los productores acuícolas en el manejo técnico de la alimentación suplementaria, en especial la frecuencia y cantidad adecuada de alimento exógeno, a fin de evitar efecto de canibalismo y mortalidades.
- El control de los parámetros abióticos es imprescindible, sin embargo el emparejamiento de los peces es una herramienta importante a considerar en el cultivo de tilapia.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, U. J., y Villamizar, F. C. (2020). *Plan de negocio para producción de tilapia roja en estanques de geomembrana bajo parámetros de ambiente controlado en el municipio de la mesa de los santos*. Tesina. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/855fed53-77c2-46a7-9372-569dba124fed/content>
- Aly, W., y Abouelfadl, K. (2020). Impact of low-level water pollution on some biological aspects of redbelly tilapia (*Coptodon Zilli*) in River Nile Egypt. *Rev. Egyptian Journal of Aquatic Research*(46), 273-279. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.001>
- Benítez, E., Chamba, O. H., Vacacela, W., Cordero, F., Wilmer, y Ortega, R. (2020). Producción de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) en humedales. *Rev. del Colegio de Médicos veterinarios del Estado Lara*, 19(10). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8118333>
- Billah, M., Abd, S. M., Zafri, H. M., y Parvez, A. (2020). Effects of different stocking density of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and common carp (*Cyprinus carpio*) on the growth performance and rice yield in rice-fish farming system. *Rev. AACL*, 13(2), 789-803. https://www.researchgate.net/publication/340443957_Effects_of_different_stocking_density_of_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_and_common_carp_Cyprinus_carpio_on_the_growth_performance_and_rice_yield_in_rice-fish_farming_system
- Botero, M. (2004). Comportamiento de los peces en la búsqueda y la captura del alimento. *Rev. Colombiana de ciencias pecuarias*, 17(1), 63-75. <https://www.redalyc.org/pdf/2950/295025896009.pdf>
- Brindis, C., Jiménez, R. E., Sumaya, M. M., y Rincones, L. J. (2022). Evaluation of an antioxidant diet for tilapia oreochromis niloticus with mango and roselle by products inclusión. *Rev. Biotecnia*, 24(2), 69-76. <https://doi.org/https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1583>

- Cazar, B. D. (12 de 9 de 2022). *La tilapia Una especie invasora que se extiende en Ecuador sin controles del Estado*. Ibe: https://www.labarraespaciadora.com/medio-ambiente/la-tilapia-una-especie-invasora-que-se-extiende-en-ecuador-sin-controles-del-estado/?utm_source=chatgpt.com
- Collazos, L. L., Ueno, F. M., Arias, C. J., y Vinatea, A. L. (2021). Desempeño de larvas y juveniles de *Piaractus orinoquensis* cultivados a diferentes densidades en sistemas con tecnología biofloc TBF. *Rev. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 19(2), 1-13. <https://doi.org/> <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1868>
- Coreas, M. A., Gutiérrez, S. J., Rodríguez, U. E., y Flores, T. J. (2022). Evaluación de diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques artesanales de agua dulce en San Luis Talpa, La Paz, El Salvador. *Rev. Agrociencias*, V(21), 16-23. <https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia/index.php/agrociencia/article/view/10/11>
- Costa, S. F., Soarez, g., Serna, S. A., y Cortezzi, P. P. (2024). Efecto de la temperatura y la concentración de presas vivas en la larvicultura de *Colssoma macropomum*. *Rev. MVZ Córdoba*, 29(1), 1-10. <https://doi.org/> <https://doi.org/10.21897/rmvz.3195>
- Dos Santos, K. F., De Holanda, C. D., Carmo, D., y Marcelo, e. S. (2021). Fostering bacterial growth in BFT aquaculture tanks by early Nile Tilapia stocking. *Rev. Acta Scientiarum*, 43, 1-8. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303168054057>
- Elserafy, S., Allah, N., Hameid, A., Salam, A., Dakrouni, y Ali. (2021). Effect of shrimp waste extracted chitin on growth and some biochemical parameters of the nile tilapia. *Rev. Egyptian Journal of Aquatic biology and fisheries*, 25(1), 313-329. https://ejabf.journals.ekb.eg/article_143244_799f5c16a73226580a2660309512da7c.pdf
- Ferreira, L. A. (2020). Effect of size grading on the growth of pirarucu *Arapaima gigas* reared in earthen ponds. *Rev. Latin American Journal of Aquatic Research*, 48(1), 38-46. [https://doi.org/DOI: 10.3856/vol48-issue1-fulltext-2334](https://doi.org/DOI:10.3856/vol48-issue1-fulltext-2334)
- Ganoza, C. F., Prieto, D. C., Alvarez, V. J., Dibucho, A. O., y González, M. L. (2021). Guía para la obtención de alevines de tilapia en ambiente controlado (*Oreochromis niloticus*)

- tilapia gris y *Oreochromis* sp. tilapia roja). *Rev. Inf. Inst. Mar Perú*, 48(1), 1-10.
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/3528>
- Giacoman, V. H., y Perdomo, G. N. (2021). *Efecto del acuamimetismo en la etapa de pre-engorde del cultivo de tilapia gris (Oreochromis niloticus)*. Tesina.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/716d4232-6e30-4eeb-8414-d348b075fd03/content>
- Hernández, H. M., García, M. L., Gutiérrez, J. J., Feliciano, G. J., López, S. R., y Bautista, T. G. (2023). *Oreochromis niloticus* exhibe una prevalencia mayor de *Streptococcus* beta hemolítico cuando se mantienen en jaulas en comparación con estanques. *Rev. Abanico Veterinario*, 13, 1-16. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21929/abavet2023.19>
- Hernández, M. L., y Acosta, L. (2021). Caracterización del dimorfismo sexual y reconocimiento de machos dimórficos en el complejo *Discocyrtus prospicius* (Arachnida Opiliones Gonyleptidae) Una aproximación desde la morfometría geométrica. *Rev. Mexicana de Biodiversidad*(92), 1-12.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3545>
- Jácome, J., Quezada, A. C., Sánchez, R. O., Pérez, J. E., y Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador Paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Rev. Peruana de biología*, 26(4), 543-550.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>
- Jory, D. (9 de 10 de 2023). *Global finfish production forecast covers species that will contribute at least 41 percent of the total aquaculture production (live weight, excluding algae) projected for 2023 and 2024*. Global Seafood Alliance:
https://www.globalseafood.org/advocate/annual-farmed-fish-production-survey-a-modest-supply-decline-for-2023-and-a-predicted-return-to-growth-in-2024/?utm_source=chatgpt.com
- Mariano, A. M., Tapia, U. L., Montoya, T. H., y Mayta, H. E. (2022). Inclusión dietaria de la microalga *Chlorella* peruviana en el crecimiento de alevines de *Colossoma macropomum*. *Rev. Arneloa*, 29(3), 1-10.
<https://doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.293.29306>

- Mariluz, F. A., García, T. e., Cornejo, U. R., Gomez, K., y Durand, G. C. (2023). *Consumo de oxígeno en tilapia nilotica (Oreochromis niloticus) Con relación a su peso corporal y temperatura.* Tesina. https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/all-papers/Contribution_1481_a.pdf
- Pérez, E., Córtez, A., Cuevas, R. B., Marcial, J., y Velazco, J. (2021). Crecimiento y sobrevivencia de la tilapia oreochormis niloticus cultivada en jaulas flotantes rectangulares. *Rev. Cimateuan*, 7, 1-95. <https://revistas.cimateuan.education/openjs/index.php/aprevista/issue/view/7/6>
- Ruales, C., Machado, F. D., Betancour, G. E., Rodriguez, F. N., Castañeda, A. G., Flores, R. C., y Vásquez, T. W. (2020). Relaciones alométricas en estadios tempranos de la especie Brycon moorei Steindachner (Characidae) en condiciones controladas. *Rev. Actual Biol.*, 42(113), 1-21. <https://doi.org/DOI:10.17533/udea.acbi.v42n113a02>
- Shamsuddin, M., Belal, H. M., Rahman, M., Kawla, S., Farhan, T., Fahad, A. M., y Arai, T. (2022). Effects of Stocking Larger-Sized Fish on Water Quality, Growth Performance, and the Economic Yield of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus L.) in Floating Cages. *Rev. Agriculture*, 12(7), 1-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture12070942>
- Tu, T., Tran, H., Duc, P., Liem, P., y Thang, N. (2024). Combined effects of temperature and salinity on energy budget of red tilapia (Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus). *Rev. AACL*, 17(3), 1215-1237. <https://bioflux.com.ro/docs/2024.1215-1226.pdf>
- Tuan, T. N., Liang, H., Li, J., Deng, T., y Zhang, M. (2023). Health benefits of butyrate and its producing bacterium Clostridium butiricum on aquatic animals. *Rev. Fish and shellfish imminology reports*(4), 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fsirep.2023.100088>
- Velásquez, V. L. (2022). *Factores asociados a la mortalidad atípica de tilapia (Oreochromis spp) en la presa Netzahualcóyotl (Malpaso) Chiapas.* Tesina. <http://148.222.11.200/jspui/handle/123456789/3576>
- Venkateswarlu, V., Sessaiah, P., y Behta, A. (2019). A study on water quality parameters in shrimp L. vannamei semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra

Pradesh, India. *Rev. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 7(4), 394-399. <https://www.fisheriesjournal.com/archives/2019/vol7issue4/PartF/7-4-64-509.pdf>

FIGURAS ANEXAS

Figura 1 Fabricación de las jaulas, con tubo PVC y malla de 0.5 cm de diámetro.



Figura 2 Jaula construida con materiales específicos para acuicultura (vista de lado).



figura 3 Visión de fondo de jaulas experimentales.



figura 4 Instalación estratégica de las jaulas experimentales en el área designada del estanque.



Figura 1 Jaulas introducidas A) Jaula individual con alimento exógeno. B) Jaula compartida con alimento exógeno. C) Jaula compartida sin alimento exógeno.



Figura 4 Registro individual del peso de peces, con una gramera marca Camry (dos decimales).



Figura 7 Medición de longitud de peces desde la cabeza hasta la aleta caudal con el uso de un ictiómetro.



Figura 8 Registro diario del peso de alimento exógeno suministrado en base al porcentaje del peso corporal del pez.



Figura 11 Registro de pH y Temperatura en horas de la mañana.



Figura 14 Registro de pH y temperatura en horas de la tarde.



Figura 20 Medición del oxígeno disuelto en el agua durante el experimento, con el kit indicador de oxígeno monitor DO.



Figura 17 Resultado colorimétrico de la concentración de oxígeno disuelto en el agua del estanque.



Figura 23 Registro de siembra de peces tilapia (*Oreochromis niloticus*).



Figura 15 Dosificación de alimento de acuerdo al peso de los peces.



Figura 26 Herida en ejemplar por agresión de otro pez de mayor tamaño.



Figura 16 Lesión en la aleta caudal por ataque de otro ejemplar.



Figura 33 Equipo de medición de oxígeno disuelto, kit colorimétrico Monitor DO.

