UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA

EFECTO DE LA DENSIDAD DE EMBRIONES DE *Oreochromis niloticus* (TILAPIA GRIS), SOBRE LA EFICIENCIA DE INCUBACION, SIN RECAMBIO DE AGUA

TESIS

PRESENTADO POR:

FIORELLA MARYCARMEN GONZALES AGUIRRE

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO PESQUERO

ILO - PERÚ

2019

UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA
"Universitas Universitatis"

ESCUELA PROFESIONAL
DE INGENIERÍA PESQUERA

"Año de la Lucha Contra la Corrupción e Impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN

El Jurado suscribiente, ha calificado el trabajo de TESIS:

TITULADO: **"EFECTO DE LA DENSIDAD DE EMBRIONES DE Oreochromis niloticus (TILAPIA GRIS), SOBRE LA EFICIENCIA DE INCUBACION, SIN RECAMBIO DE AGUA"**

PRESIDENTE	:	MG. VILMA AMALIA VILCA CACERES
PRIMER MIEMBRO	:	DR. EDWIN CARLOS LENIN FELIX POICON
SEGUNDO MIEMBRO	:	MG. PEDRO MADUEÑO MAMANI

Presentado por el (la) BACHILLER:

FIORELLA MARYCARMEN GONZALES AGUIRRE

Participando en calidad de asesor (es): **Mg. EHRLICH YAM LLASACA CALIZAYA**

Después de las preguntas respectivas y habiendo el jurado tomado el tiempo para la deliberación de la misma.

SE DECLARA APROBADO (APROBADO/DESAPROBADO) por UNANIMIDAD (UNANIMIDAD/MAYORIA), con el calificativo de BUENO (EXCELENTE/MUY BUENO/BUENO/REGULAR/DEFICIENTE), equivalente a 14; quedando expedito para que se le confiera el Título Profesional de INGENIERIA PESQUERA

Ilo, 18 de Diciembre del 2019

MG. VILMA AMALIA VILCA CACERES
Presidente de Jurado

DR.. EDWIN CARLOS LENIN FELIX POICON
Primer Miembro

MG. PEDRO MADUEÑO MAMANI
Segundo Miembro

DEDICATORIA

A Dios, que siempre está en mi camino,

a mis padres Lily y Luis, que siempre me apoyaron

Incondicionalmente, inculcándome disciplina,

honradez, lealtad y superación.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios y a mi Familia; ya que una vida no me alcanzaría para agradecer lo recibido y lo que aún me está por llegar.

A la Universidad Nacional de Moquegua, Vice presidencia de Investigación – Oficina de Dirección General de Investigación, por el financiamiento del presente trabajo de investigación por el financiamiento con fondos del canon, sobre canon y regalías mineras.

Al Alcalde de la Municipalidad Distrital de Pacocha Ing. Oscar Ugarte Manchego, al sub gerente de desarrollo social Ing. Luis Cahuas, por el apoyo incondicional y por las facilidades brindadas para realizar esta tesis en las instalaciones del parque ecológico.

Al MsC. Ehrlich Yam Llasaca Calizaya por su asesoramiento, disponibilidad para compartir desinteresadamente sus amplios conocimientos e innumerable ayuda en la ejecución de esta tesis. Al Ing. Freddy Cárdenas Cárdenas por las constantes sugerencias y co asesoramiento durante la ejecución del informe de tesis. Al Bach. Brandon Reynoso Llerena, al Ing. Fernando Oré P., Bach. David Limachi, al Sr. Eloy Colana Choque y a todo el personal técnico del parque ecológico por su apoyo durante la ejecución de esta tesis.

RESUMEN

En el presente trabajo se comparó el efecto de diferentes densidades en la incubación de huevos embrionados de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris" en un rango de 28 °C a 30 °C de temperatura, sin renovación y sin flujo de agua, los cuales se realizaron en dos ensayos experimentales. El primer ensayo consistió en tres densidades de huevos embrionados: Tratamiento 1 (T1) = 100 huevos embrionados, tratamiento 2 (T2) = 200 huevos embrionados y tratamiento 3 (T3) = 300 huevos embrionados de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", los cuales fueron incubados en bandejas de plástico descartables de 500 ml de capacidad, cada ensayo se realizó con 5 réplicas. Después de 5 días de incubación se observó la tasa de sobrevivencia para el T1 fue del 82.8 % ± 14.87% de desviación estándar y de los T2 y T3 fue del 0%, existiendo una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$). En el segundo ensayo, se trabajó con 3 tratamientos y cinco réplicas, siendo las densidades para el T1 = 60 huevos embrionados, T2 = 80 huevos embrionados y T3 = 100 huevos embrionados, incubados en las mismas bandejas que el primer ensayo. La evaluación estadística evidenció que no existe diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$). Con lo cual podemos concluir que es posible incubar huevos embrionados de tilapia gris, a una densidad de 100 huevos embrionados en 0.5 l-1 de volumen de agua sin recambio durante la etapa de incubación.

Palabras Claves: incubación, huevos embrionados, tilapia gris, recambio de agua.

ABSTRACT

In the present work the effect of different densities in the incubation of embryonated eggs of *Oreochromis niloticus* “gray tilapia” in a temperature range of 28 ° C to 30 ° C temperature, without renewal and without water flow, which were performed was compared in two experimental trials. The first trial consisted of three densities of embryonated eggs: Treatment 1 (T1) = 100 embryonated eggs, treatment 2 (T2) = 200 embryonated eggs and treatment 3 (T3) = 300 embryonated eggs of Oreochromis niloticus "gray tilapia", which They were incubated in disposable plastic trays of 500 ml capacity, each test was performed with 5 replicates. After 5 days of incubation, the survival rate for T1 was 82.8% ± 14.87% of standard deviation and T2 and T3 was 0%, with a significant difference between treatments ($p < 0.05$). In the second trial, we worked with 3 treatments and five replicates, with densities for T1 = 60 embryonated eggs, T2 = 80 embryonated eggs and T3 = 100 embryonated eggs, incubated in the same trays as the first trial. The statistical evaluation showed that there is no significant difference between treatments ($p > 0.05$). With which we can conclude that it is possible to incubate embryonated gray tilapia eggs, at a density of 100 embryonated eggs in 0.5 l-1 volume of water without replacement during the incubation stage.

Key words: incubation, embryonated eggs, gray tilapia, water exchange.

Indice

I. Introducción 10

1.1 Descripción y formulación del problema 10

1.2 Antecedentes 14

1.3 Objetivos 16

- **Objetivo General.** 16
- **Objetivos Específicos.** 17

1.4 Justificación e importancia: 17

1.5 Hipótesis 18

- **Variables** 19

II. Marco Teórico 20

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación 20

III. Método 21

3.1 Tipo y nivel de Investigación. 21

3.2 Ámbito temporal y espacial 22

3.3 Población y muestra 22

3.4 Instrumentos 23

3.5 Procedimientos 25

a. Acondicionamiento de Infraestructura 25

b. Acondicionamiento de la sala de incubación. 26

d. Parámetros Físico – Químicos 27

e. Adecuación y preparación del recinto para la incubación. 29

f. Técnica de reproducción: 30

g. Extracción y transporte de huevos 30

h. Selección de huevos embrionados 32

i. Registro de las tasas de sobrevivencia y mortalidad 34

j. Estadios de huevos de tilapia 34

k. Limpieza y recambio de agua. 35

l. Confinamiento de los huevos de tilapia. 35

m. Confinamiento de las ovas en la sala de incubación. 35

3.6 Análisis de datos 37

IV. Resultados del experimento 39

4.1 Efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", sobre la tasa de eclosión o sobrevivencia, sin recambio de agua. 39

4.2 Efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", sobre la tasa de mortalidad, sin recambio de agua. 41

V. Discusión de resultados 44

VI. Conclusiones 47

VII. Recomendaciones 48

VIII. Referencias bibliográficas 49

IX. ANEXOS 57

Indice de Tablas

Tabla 1. Indicadores e índices del experimento..... *19*

Tabla 2. Registro de talla y peso de reproductores de oreochromis niloticus *22*

Tabla 3. Valores promedios de los parámetros físico químicos de la calidad de agua, del I ensayo. *28*

Tabla 4. Valores promedios de los parámetros físico químicos de la calidad de agua, del II ensayo..... *29*

Tabla 5. Valores físico químico, del agua del río Osmore *29*

Indice de figuras

Figura 1. Acondicionamiento de infraestructura: a. acondicionamiento de tanque de concreto armado rectangular, b. Colocación de geomembrana de 7 mm de espesor, c. Tanque circular..... *25*

Figura 2. Acondicionamiento de sala de incubación, del parque ecológico de la Municipalidad Distrital de Pacocha, Provincia de Ilo, Dpto. de Moquegua..... *26*

Figura 3. Confinamiento y mantenimiento de reproductores..... *27*

Figura 4 Preparación de artesa de incubación de huevos embrionados. *30*

Figura 5. Hembras que presentaban características de haberse reproducido *31*

Figura 6. Estadio I de huevo *Oreochromis niloticus* *32*

Figura 7. Estadio II de huevo *Oreochromis niloticus*..... *33*

Figura 8. Estadio III de huevo *Oreochromis niloticus* *33*

Figura 9. Extracción y transporte de los huevos de tilapia..... *34*

Figura 10. Extracción y transporte de los huevos de tilapia..... *36*

Figura 11. Árbol del diseño factorial, primer ensayo..... *37*

Figura 12. Árbol del diseño factorial, del segundo ensayo *38*

Figura 13. I Ensayo - porcentaje de sobrevivencia de embriones de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”, incubados sin recambio de agua *40*

Figura 14. II Ensayo - Porcentaje de sobrevivencia de embriones de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”, incubados sin recambio de agua *41*

Figura 15. I Ensayo - porcentaje de mortalidad de embriones de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”, incubados sin recambio de agua. *42*

Figura 16. II Ensayo - porcentaje de mortalidad de embriones de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”, incubados sin recambio de agua. *43*

I. Introducción

Hoy en día la actividad acuícola ha cobrado mayor interés local, nacional e internacional, por ser buena fuente de proteína animal, para el sostenimiento de la seguridad alimentaria en el mundo. En el Perú la actividad acuícola tiene importancia por ser una actividad ancestral en diferentes culturas que datan de muchos años de antigüedad. Esta actividad tiene el fomento por parte del estado en diferentes programas con financiamiento por parte del sector público y también privado.

En el sur del Perú la actividad acuícola continental tiene muy pocos recursos hidrobiológicos que podrían diversificar la acuicultura y empezar otras actividades económicas de la población, para el mejoramiento de la economía local. Así mismo, para poder impulsar la actividad acuícola continental, con énfasis en el cultivo de peces, es necesario tener un laboratorio que provea de semilla que pueda abastecer la demanda local, pero los altos costos de un laboratorio de producción mediante las técnicas tradicionales de producción de semilla, hacen inviables para que el poblador, se inicie esta actividad productiva. Por lo cual el presente trabajo de investigación evaluó la incubación de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris" a diferentes densidades sin recambio de agua, como una alternativa para obtener larvas al más bajo costo de producción.

Los resultados que se obtuvieron del presente trabajo de investigación, permiten demostrar que es posible obtener larvas de tilapia gris a bajas densidades adecuada de embriones, producidos en incubación artificial sin recambio de agua, logrando obtener larvas viables, que puedan ser utilizadas en las siguientes estadíos de vida.

1.1 Descripción y formulación del problema

La importancia de la acuicultura va creciendo con el pasar de los años, siendo cada vez mayor la producción de proteína de origen animal a nivel mundial, lo cual obliga a los productores a estar en constante mejoramiento de las técnicas para abastecer de semilla necesaria para los cultivos. Teniendo como estrategia de

producción la propagación masiva, de manera artificial o semi artificial, de los peces cultivados (Hernandez y Gonzales, 2012).

La tilapia posee características que aparentemente dan la idea de muy fácil manejo. Sin embargo, éstas características aparentemente positivas de las tilapias como la maduración precoz, la facilidad de reproducción en cautiverio, los desoves frecuentes y/o múltiples y el elevado nivel de cuidados parentales, pueden formar también parte de un mayor manejo en la etapa de producción de semilla, que los sistemas tradicionales de producción de semilla de tilapia, presentan (Camilo y Olivera. 2002).

Los sistemas de producción tradicional de semilla de tilapia a menudo inicialmente producen elevadas cantidades de larvas, pero éstas cantidades de producción de larvas, van disminuyendo según transcurra el tiempo, disminuyendo gradualmente (Macintosh y Little, 1995).

Zimmerman (1999) y Macintosh y Little (1995), sostienen que los huevos de la especie de Oreochromis se incuban en depósitos con fondo redondeado, ajustando el caudal de agua adecuado que permita el movimiento en rotación de los huevos. Así también, recomiendan que los rangos de temperatura para incubación es de 24 – 32ºC, con un valor óptimo de 28 – 29ºC y manifiestan que al mantener éstas temperaturas sin variación, se pueden lograr tasas de supervivencias cercanas al 80% aproximadamente.

Así mismo, debido a su gran tamaño (1.4 – 2.2 mm) (Coward y Bromage. 2000), y peso (3.8 – 7.8 mg) (Rana, 1998), tienden a caer rápidamente al fondo del recipiente por lo cual, dichos autores recomiendan que los huevos deben de tener un flujo de agua constante, tratando de simular o igualar al movimiento que los huevos tienen cuando son incubados por la reproductor hembra (Camilo y Olivera. 2002).

El objetivo final del manejo de la reproducción, es lograr la máxima cantidad de huevos producidos por hembra, lo que también significa mantener los niveles de productividad elevados o dentro de los estándares de una producción comercial, a nivel de incubación de embriones (Suresh, 1999).

El sistema de incubación por flujo de agua, presenta pérdidas debido a daños físicos causados al corion de los huevos, cuando el flujo de agua es demasiado, lo cual provoca que los huevos sean inviables (Rana, 1988; Subasinghe y Sommerville, 1998). Así también siempre hay que tener en cuenta el flujo de agua, considerando que para que el desarrollo del embrión sea completo y eclosione, los huevos fertilizados deben de estar en recirculación hasta una altura media del recipiente con base redondeada que está siendo utilizado como incubadora, pero teniendo cuidado que el flujo de agua no sea demasiado y sean expulsados fuera de la incubadora. Para ello el flujo de agua o caudal tiene relación con el número de huevos incubados. (Hernandez y Gonzales, 2012).

La calidad del agua es importante para obtener buenos resultados durante la incubación, esta debe tener un sistema de filtración de grava o arena, o un esterilizador de rayos UV para mantener las condiciones constantes (Macintosh y Little, 1995; Subasinghe y Sommerville, 1985).

Para la implementación de sistemas de recirculación en incubación artificial, es necesario tratar el agua continuamente para eliminar los productos de desecho y añadir oxígeno para mantener al organismo vivo y bien. Así también, se necesitan equipos que garanticen parámetros fisico químicos del agua, teniendo un filtro mecánico, luego a un filtro biológico antes de ser aireado y despojado de dióxido de carbono y ser retornado. Otras instalaciones se pueden agregar, como oxigenación con oxígeno puro, luz ultravioleta o desinfección de ozono, regulación automática del pH, intercambio de calor, desnitrificación, etc. dependiendo de los requerimientos exactos. (Bregnballe, 2015)

Los jarros tipo McDonald son utilizados en incubación, para la eclosión de huevos de peces e invertebrados lo cual requiere de 1 galón por minuto (3,8 litros por minuto aproximadamente), dependiendo del peso de los huevos al centro del jarro, teniendo una capacidad para unos 100.000 huevos de trucha (Jarros tipo Mc Donald, s.f., disponible en: http://www.acuiprocesos.com/catalogo/incubadoras/jarros-para-eclosion-tipo-mcdonald.html.)

Así también, Hernandez y Gonzales (2012), recomiendan considerar (al momento del diseño de un sistema de incubación), la disponibilidad del volumen de agua que se necesitará para la demanda de uso de las incubadoras que se disponga, ello con el fin de tener la cantidad suficiente que puede ser almacenados en tanques elevados que garanticen dicho caudal.

En el presente estudio, se evaluarán los huevos embrionados, la cantidad de huevos eclosionados, el porcentaje de supervivencia de las larvas eclosionadas de tilapia y la tasa de mortalidad respectiva, por cada tratamiento.

1.1.1 Formulación del problema. Uno de los mayores problemas en la producción de tilapia, es la obtención de semilla. Se ha podido comprobar que trasladando los huevos y larvas de la cavidad bucal de las hembras para continuar la incubación de forma artificial resulta un paso de avance en la productividad.

La importancia cada vez mayor de la acuicultura a nivel mundial obliga a los productores a mejorar las técnicas para conseguir lo que constituye un requisito esencial para su desarrollo; obtener la semilla de calidad necesaria para los cultivos.

Las prácticas tradicionales de producción en piscicultura, requieren grandes cantidades de agua de muy buena calidad que actualmente se encuentra limitada en muchas áreas. Así mismo, los sistemas tradicionales de incubación artificial, utilizan grandes volúmenes de agua de buena calidad. Así también el desarrollo de sistemas de recirculación para los procesos de incubación, se ha visto desarrollados en los últimos años. Sin embargo, lo descrito anteriormente demanda mucha inversión de recursos, para mantener las condiciones necesarias y lograr niveles de producción, que satisfagan la demanda de alevinos, demanda por lo consiguiente mayor costo por unidad producida de alevinos, afectando así las ganancias y limitando el acceso de semillas a los productores que desean iniciarse en ésta actividad.

Para desarrollar y diversificar la acuicultura en nuestra región, necesitamos investigar en tecnologías que nos permitan, determinar la mejor densidad de incubación, mejorando la eficiencia en la producción de semillas, optimizando el uso del recurso hídrico.

¿Cuál será el efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris), sobre la eficiencia de incubación, sin recambio de agua?

1.2 Antecedentes

La tilapia es el segundo pez que más se produce a nivel mundial, lo cual hace que contribuya con un 20% del total del volumen de peces que se producen, incrementándose en más del 85% exclusivamente entre 1984 y 1992 siendo la especie *O. niloticus* (Tilapia nilótica) equivalente al 80% de la producción, seguida de los *O. mossambicus* con el 5%, (Alceste, 2000).

Rab, (1989) evaluó el sistema de incubación, de huevos de tilapia en bandejas, en los parámetros del caudal y número de huevos por bandeja de incubación, para evaluar el desempeño de rendimiento productivo en larvas y alevinos. Siendo los

alevinos los que presentaron mayores tasas de sobrevivencia a altos flujos de agua, aunque no tuvieron buen crecimiento específico.

Así miso, Rab (1989), también reporta que en un sistema de incubación artificial observó, supervivencias por bandeja cercana al 90% a densidades entre 5000 a 12000 larvas, con flujos de 3 a 4 l min-1, mientras que las mejores tasas de crecimiento específico se encuentran a bajos flujos de agua (2 l min-1). Las larvas producidas en este sistema presentan mejor crecimiento (11%/día vs 8,3%/día) y sobrevivencia que las larvas producidas naturalmente (73% vs 98,4%).

Santiago (2008), indica que un sistema de incubación artificial está constituído por un depósito de almacenamiento de agua de 5 mil litros, el agua es filtrada por un filtro de arena y posteriormente al esterilizador ultravioleta es llevada a cuatro incubadoras de jarra Mc Donald de 6 litros dispuestas en serie y se recibe los alevinos en javas de plástico y una charola de fibra de vidrio.

La incubación de los huevos se hace en incubadoras cónicas de flujo ascendente, entre 24 y 28 °C, para eclosiones que pueden variar entre el 50 y el 100 % de sobrevivencia (Acuioriente, 2007).

Pinza (2014) reporta que utilizando las incubadoras o recipientes cilíndricos o cónicos con flujo de agua descendente se pueden obtener hasta un 59% de sobrevivencia, indicando que las principales pérdidas son debidas a daños físicos causados al corion de los huevos y algunas veces por stress debido a un imbalance osmótico. Así también menciona que una ventaja añadida de este método es que permite la incubación artificial de los huevos y larvas con saco vitelino, teniendo como resultado la obtención de larvas de tamaño uniforme y edad conocida.

En estudios realizados, por Moreno et al. (2003), con los huevos de tres hembras de tilapia, formó un conglomerado o mezcla que fue incubado en un bastidor de flujo descendente tipo californiano.

En la experiencia realizada por López y Botero (2007), para huevos demersales; aproximadamente 3000 ovas se incubaron para obtener 1440 larvas.

En el estudio realizado por Prieto y Olivera (2002), indican que el sistema de incubación (en bandejas) ampliamente utilizado en países asiáticos, ha abierto nuevos horizontes a países occidentales y regiones donde las explotaciones no cuentan con extensiones grandes de tierra o sus condiciones climáticas son muy extremas.

En estudios realizados por Carranza y Aceituno (2019), evaluaron la tolerancia a aguas salobres, para el cultivo de tilapia, para poder hacer frente al escaso recurso de agua dulce en dicha localidad (Honduras), donde trabajaron en etapa alevín, con una renovación total de agua cada dos días.

Trabajos realizados para obtener información sobre el uso racional del agua se realizaron tomando como base los sistemas de recirculación (RAS) para cultivo de tilapia, donde las renovaciones de agua se realizan según el diseño del sistema de producción en etapas de alevinaje y engorde (Valenzuela y Arevalo, 2017; Gichana et al., 2019; Carrascal, Torres, Hurtado y Gomez, 2016; Tomalá, Chavarría, y Escobar, 2014).

1.3 Objetivos

- **Objetivo General.**

- Determinar el efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris), sobre la eficiencia de incubación, sin recambio de agua.

- **Objetivos Específicos.**

- Evaluar el efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris), sobre la tasa de eclosión, sin recambio de agua.

- Evaluar el efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris), sobre la tasa de mortalidad sin recambio de agua.

1.4 Justificación e importancia:

En la zona Sur del Perú, no existe actividad dulce acuícola a niveles productivos en sus diferentes escalas, esto debido a que no hay trabajos de investigación, lo suficientemente desarrollados, que adecúen las tecnologías existentes a nuestra realidad.

La tilapia es una especie que se puede adaptar a las condiciones locales, (considerando que en el Departamento de Tacna, hay crianza de éste recurso, pero no en escala comercial) y se podría desarrollar su cultivo, evaluando previamente las tecnologías existentes (según norma establecida por el Ministerio de la producción).

Si se desea impulsar la diversificación de la acuicultura en la zona Sur, debemos de contar con semilla en el mercado local. Actualmente el proveedor mas cercano, es la Universidad Agraria la Molina - Lima, pero su producción es temporal, no existiendo semilla durante todo el año.

La incubación artificial ha demostrado mejorar los parámetros de producción en la etapa de incubación y por lo tanto ser una opción viable, para abastecer la demanda de semilla. Sin embargo, la incubación artificial de huevos de tilapia,

demanda agua en sistemas abiertos de abastecimiento o en el mejor de los casos, sistemas de recirculación de agua.

Los sistemas de recirculación en acuicultura, han demostrado que incrementa los costos de producción de semilla lo cual, no es económicamente rentable, para que un agricultor local, se vea motivado a diversificar su producción, incursionando en la pisicultura. Teniendo por lo tanto la necesidad, de hacerse una evaluación del sistema tradicional de incubación de huevos embrionados de tilapia, para poder obtener datos que ayuden a proponer modificatorias en los sistemas de incubación y que se ajusten a nuestra realidad local, considerando que la introducción de tecnologías que proporcionen niveles aceptables de sobrevivencia de huevos embrionados y que involucre, el uso racional del recurso acuático, sería una alternativa que pudiera mejorar la disponibilidad de semilla.

Este trabajo de investigación brindará información sobre la estimación de densidad de huevos embrionados por litro de agua, en un sistema sin recambio de agua, brindando nuevos avances y aportes científicos en incubación artificial y pretende ofrecer datos acorde a nuestra realidad, que conducirá a un impacto económico, social y ambiental favorable y que puedan ser considerado para otras especies y una herramienta útil para que las diversas instituciones ligadas al sector, generen planes de acción en apoyo y acompañamiento de los productores locales y regionales. Así también ser material de consulta para estudiantes, acuicultores, personas interesadas o entes involucrados en el sector.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

Las diferentes densidades de embriones de *Oreochromis niloticus* (Tilapia gris), influyen sobre la eficiencia de incubación, sin recambio de agua.

1.5.2 Hipótesis especificas

1: La alta densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (Tilapia gris), influye sobre la tasa de eclosión, sin recambio de agua.

2: La alta densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (Tilapia gris), influye sobre la tasa de mortalidad, sin recambio de agua.

- **Variables**
    - Variable independiente: Densidad de embriones
    - Variable dependiente: Eficiencia de incubación

Para la operacionalización de las variables independientes y dependientes, se determinó los indicadores, dimensiones e índices, como figura en la tabla 1.

Tabla 1

Indicadores e índices del experimento

Variable	Indicadores	Dimensión	Índices
Independiente	**Densidad**	Alta Media Baja	100 huevos embrionados 0.5 L^{-1}. 200 huevos embrionados 0.5 L^{-1}. 300 huevos embrionados 0.5 L^{-1}.
Dependiente	**Eficiencia en Incubación**	Tasa de eclosión (%) Tasa de mortalidad (%)	(N° óvulos eclosionados x 100)/N° óvulos fertilizados) (N° óvulos no eclosionados x 100) /N° óvulos fertilizados)

Fuente: Elaboración propia

II. Marco Teórico

2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

Los peces denominados genéricamente “Tilapias” han suscitado y recibido, quizás, mayor atención que cualquier otro grupo de peces en todo el mundo (Wicki y Gromenida, 1997).

Remanentes fósiles del Grupo Tilapia han sido encontrados con aproximadamente 18 millones de años de antigüedad, cerca al Lago Victoria, pero fueron muy poco conocidas hasta su redescubrimiento en el siglo pasado (Balarin, 1979).

Castillo (2001) menciona que el nombre de tilapia fue empleado por primera vez por Smith en 1840, es un vocablo africano que significa “pez”, derivado de la palabra “Tilapi” o “Ngege” en el idioma “Swahili” población indígena que habitó en la costa del lago Ngami (África). Los japoneses lo llaman Telepia, en muchos países en el mundo también ha sido llamado Perca (Perch), Saint Peter’s Fish, Bream, Cherry Snapper, Nile Perch, Hawallán Sun Fish, Mudfish, Pargo rojo de agua dulce, Mojarra (Colombia, México).

Viteri (1985), ya denominaba a la tilapia nilótica con su nombre científico actual, *Oreochromis niloticus*. Chimits (1955); citado por Wicki y Gromenida, (1997), incluye los géneros Tilapia y Oreochromis entre otros, (con más de 100 especies), que son originarios del África, habiéndose extendido posteriormente hacia el norte de Israel y Jordán (Bardach, 1990).

Una de las principales causas de pérdidas en la productividad de ovas y larvas de tilapia en el sistema de reproducción natural es la incubación bucal. En este sistema, la hembra de tilapia utiliza normalmente de 10 a 15 días incubando los huevos y las larvas con saco vitelino. Durante este tiempo, su alimentación se reduce, y como resultado, precisa de otros 5 a 10 días para reacondicionar sus ovarios, esto conduce a que los intervalos entre los desoves se alarguen y disminuya la vida reproductiva de las hembras (Suresh, 1999).

La mayor cantidad de tilapias cultivadas son las dulceacuícolas, pero todas resisten salinidades. El rango óptimo de salinidad para el híbrido rojo resulta ser cualquiera menor a los 35 partes por mil (eurihalinas). A pesar de esto, las tilapias crecen mejor en rangos más cercanos a la isotonía, ya que reducen el gasto de energía para el control osmótico de sus fluidos corporales (Arredondo & Cols, 1994).

A nivel intensivo, con rehúso de agua los niveles de temperatura del agua, oxígeno disuelto, amonio y nitritos son controlados mediante la combinación de recambio de agua, aireación y uso de biofiltros. Los biofiltros permiten reducir el costo de calentamiento y conservación del agua. El agua es aireada en tanques o mediante el suministro de oxígeno puro para mantener niveles altos de oxígeno disuelto. El riesgo por fallas en el cultivo es alto, la mortalidad de los peces puede ocurrir en pocos minutos causa del alto nivel de densidad de cultivo. El costo de producción unitario es más alto que en sistemas de cultivo menos intensivos, lo que hace difícil competir con tilapia procesada, cultivada en climas tropicales, (Klinge et al., 2000).

III. Método

3.1 Tipo y nivel de Investigación.

3.1.1 Tipo: El Tipo de investigación según su finalidad es Aplicada y según el método de procesamiento de datos es Cuantitativa experimental, Los cuales se efectuó con la técnica de contrastación experimental.

3.1.2 Nivel de investigación: De acuerdo al nivel de investigación, se aplicó un nivel de investigación experimental, porque se manipuló la variable independiente.

3.2 Ámbito temporal y espacial

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de las instalaciones del parque ecológico de la Municipalidad Distrital de Pacocha, Provincia de Ilo, Departamento de Moquegua. Para lo cual se acondicionó un invernadero con material de policarbonato para tener un ambiente donde realizar los ensayos experimentales, los cuales fueron realizados desde el 10 de Enero del 2019 hasta el 31 de Mayo del 2019.

3.3 Población y muestra

Los huevos embrionados se colectaros teniendo el criterio de inclusión y exclusión, teniendo como criterio de inclusión a reproductores de 30 centímetros de longitud en promedio y de 8 años de edad aproximadamente y de una fluctuación del peso de 305 a 315 gramos, siendo 4 machos y 12 hembra, según tabla 2.

Tabla 2

Registro de talla y peso de reproductores de Oreochromis niloticus

Número	Ejemplar	Talla (cm.)	Peso (g)
1	Hembra	25.5	280.3
2	Hembra	28.7	293.1
3	Hembra	29.8	300.5
4	Hembra	32.5	325.5
5	Hembra	30.5	310.8
6	Hembra	33.5	340.6
7	Hembra	30.2	310.5
8	Hembra	28.9	290
9	Hembra	29.4	300
10	Hembra	31.1	305.1
11	Hembra	28.8	296.2
12	Hembra	32.2	315
	Promedio	30.09	305.633333
13	Macho	34	352
14	Macho	28.9	300
15	Macho	27.5	290
16	Macho	33	320.8
	Promedio	30.85	315.7

Fuente: Elaboración propia

Los huevos embrionados fueron seleccionados según criterio de inclusión y exclusión, obedeciendo al método de muestreo estratificado, siendo los incluidos los embriones con avanzado estado de desarrollo embrionario y excluídos los que no presentaba dicho avance de desarrollo embrionario. El tamaño muestral para el primer ensayo fue de 6565 huevos determinado y para el segundo ensayo fue de 4201 huevos embrionados.

La muestra fue seleccionada por muestreo al azar, seleccionando 3000 huevos embrionados para el primer ensayo y 1200 huevos embrionados para el segundo ensayo.

3.4 Instrumentos

Para la obtención de los datos, se utilizó el censo de los embriones por conteo directo utilizando el software libre ImageJ v1.4. Dichos resultados, fueron registrados según formatos (Anexo 01 y 02), para posteriormente ser evaluados por el diseño estadístico.

Relación de equipos y materiales para el análisis en el Laboratorio de Biología de la UNAM – Filial Ilo:

- 01 Estereoscopio
- 09 bandejas de plástico rectangulares de color celeste de12 litros de capacidad, de 40 cm. x 35 cm x 20 cm aprox. de capacidad.
- 02 Tinas de plástico 60 litros de capacidad, de color azul oscuro.
- 08 Jarras de plástico graduadas, de 2 l., de capacidad de color transparente.
- 02 chinguillos de 45cm., de diámetro, revestidos con malla de 13 mm. De ancho de cocada.

- 25 Bandejas descartables de plástico de 0.5 litros de capacidad, de color transparente.
- 01 litro de solución acondicionador de agua, marca nutraflin.
- 06 Etiquetas y plumones indelebles para rotular muestras.
- Cronograma de muestreo y formatos de registro de muestreo.
- 01 test kit de análisis de agua marca HACH, modelo DR/2010
- 01 Medidor Oxímetro y temperatura digital, para agua dulce marca HANNA, modelo HI 9146N
- 01 pH metro digital, marca HANNA, modelo HI 9814
- 01 cronometro.
- 01 estante de metal ranurado de 2.0 m. x 1.5 m. x 0.4 m de ancho aprox.
- Ropa de trabajo de campo: mandiles, guantes, botas, mascarilla, etc.
- 01 Cámara Fotográfica
- 01 Balanza digital marca Sartorius, ± 1.0 g.
- 13 pipetas pasteur de descartables de 5 ml de capacidad, de plástico, color transparente.
- 01 filtro canister
- 01 estante fijo para incubación
- 01 Impresora multifuncional.

3.5 Procedimientos

a. Acondicionamiento de Infraestructura

Se acondicionó en el parque ecológico de ciudad nueva un estanque de concreto armado rectangular de 9.0 m largo x 2.0 m. de ancho x 0.7 m. de profundidad, con un tirante de agua de 0.6 m. el cual estuvo forrado con geomembrana de alta densidad de 0.7 de espesor y un tanque circular de 10 m. de diámetro de 0.5 m. de profundidad con un tirante de agua de 0.4 m. dentro de los cuales se confinaron los reproductores (Figura 1).



Figura 1 Acondicionamiento de infraestructura: a. acondicionamiento de tanque de concreto armado rectangular, b. Colocación de geomembrana de 7 mm de espesor, c. Tanque circular. (Fuente: Elaboración propia)

b. Acondicionamiento de la sala de incubación.

Se acondicionó en el parque ecológico una sala de incubación de medidas, 6 metros de largo, 2.97 de ancho, y 2.20 de altura, utilizando material de policarbonato, clavos, chapas y cinta. Se colocó piso para evitar un tipo de contaminación hacia los huevos embrionados. Para realizar los ensayos y monitoreo constante del experimento se acondicionó en el ambiente un estante 2 mesas de trabajo, además de contar con un sumidero de desagüe ubicada en el centro sala de incubación (Figura 2).



Figura 2. Acondicionamiento de sala de incubación, del parque ecológico de la Municipalidad Distrital de Pacocha, Provincia de Ilo, Dpto. de Moquegua. (Fuente: Propia).

c. Confinamiento y mantenimiento de reproductores.

Los reproductores que se utilizaron fueron los que se encontraban dentro del parque ecológico los cuales estaban confinados en un recinto de cemento de 10 m. de diámetro de 0.5 m. de profundidad con un tirante de agua de 0.4 m. dentro de los cuales se confinaron los reproductores de tilapias gris, donde la longitud de las hembras oscilo de 25 a 32 cm longitud total, mientras que el peso tuvo un rango de 300 a 450 g. Así también, se confinó 16 reproductores de tilapia en un sex ratio de 3:1 (3 hembras por 1 macho).

Luego fueron alimentados dos veces al día suministrando alimento extruído balanceado comercial de la marca Aquapro (calibre 6mm) con registro sanitario SANIPES N° RSP0178NTL, el cual contenía mínimo 28% de proteína,

humedad 10% máximo, ceniza 10% máximo, fibra 6.0 % máximo y grasa 5% mínimo y una dosificación de 2.0% de la biomasa total (según recomendaciones del fabricante), para garantizar un buen desarrollo gonadal y calidad de ovas (Figura 3).



Figura 3. Confinamiento y mantenimiento de reproductores. (Fuente: Propia).

d. Parámetros Físico – Químicos

Durante el desarrollo del experimento se tomaron registros de temperatura ambiental y del recinto tanto para los reproductores como para los envases de incubación, donde presento un promedio de 28°C aprox., presentando un rango de 27 °C – 30°C., registrando los valores de temperatura a las (9:00 horas y 16:00 horas), para el primer ensayo y un registro de valores en el segundo ensayo.

Para el oxígeno disuelto y la temperatura del agua, se utilizó un oxímetro de la marca HANNA, para el control de pH se utilizó un equipo pH metro de la marca HANNA, el cuál presentó un rango de 1 ppm a 5.9 ppm, siendo un promedio de 3.8 ppm.

Los valores de pH, fueron medidos usando un pHmetro de la marca HANNA, el cuál presentó un promedio de 7.4 upH. Aproximadamente, durante el tiempo del experimento.

Los valores de los parámetros físico químicos medidos de la calidad de agua de la incubación de los huevos embrionados de tilapia, se muestran en el Anexo 3, para el primer ensayo.

Así mismo, se muestra los valores promedios, según tabla 3.

Tabla 3

Valores promedios de los parámetros físico químicos de la calidad de agua, del I ensayo.

Trat.	Día 1			Día 2			Día 3			Día 4			Día 5		
	T°C	O2	pH	T°C	O2	pH	T°C	O2	pH	T°C	O2	pH	T°C	O2	pH
1	27.12	4.642	7.352	27.6	4.714	7.72	30.08	4.528	7.572	29.46	4.672	7.32	27.96	4.8	7.446
2	27.38	4.278	7.476	27.66	3.258	7.616	27.9	4.58	7.532	28.46	3.68	7.54	28.46	4.64	7.284
3	27.78	4.322	7.266	27.68	3.72	7.278	29.18	4.86	7.24	28.56	4.162	7	28.48	4.76	7.38

Fuente: Elaboración propia.

Los valores de los parámetros físico químicos medidos de la calidad de agua de la incubación de los huevos embrionados de tilapia, se muestran en el Anexo 4, para el primer ensayo.

Así mismo, se muestra los valores promedios, según Tabla 4.

Tabla 4

Valores promedios de los parámetros físico químicos de la calidad de agua, del II ensayo.

HORA	**Trat.**	Día 1			Día 2			Día 3			Día 4		
		O2	T°C	pH	O2	T°C	pH	O2	T°C	pH	O2	T°C	pH
MAÑANA	1	6.278	23.82	7.878	4.846	27.7	7.55	4.666	27.68	7.476	5.134	28.12	7.326
	2	6.27	23.68	7.894	4.188	26.7	7.626	4.484	27.52	7.25	4.674	27.78	7.462
	3	5.896	23.7	7.88	3.492	26.84	7.61	4.46	28.16	7.488	4.708	28.9	7.364
TARDE	1	5.268	30.16	7.542	4.57	28.14	7.664	3.83	30.14	7.642	4.676	28.46	7.352
	2	5.136	30.24	7.488	5.372	29.04	7.662	3.078	30.66	7.6	4.766	29.44	7.376
	3	5.178	30.14	7.366	5.23	29.68	7.722	2.978	30.44	7.568	5.056	29.44	7.386

Fuente: Elaboración propia

Así también, se realizó el análisis de la calidad del agua del río Osmore, el cual abastece por medio de bombeo vía reservorio, siendo los siguientes parámetros físico químicos, que corresponde a la Tabla 5.

Tabla 5

Valores físico químico, del agua del río Osmore

Parámetro	Unidad de medida	Valor
Oxígeno	ppm	8.8
TDS	ppm	2.5
Conductividad	mS/cm	2.13
Salinidad	ppm	1
pH	upH	7.46

Fuente: Elaboración propia.

e. Adecuación y preparación del recinto para la incubación.

El proceso de incubación se realizó en dos ensayos: en el primer ensayo se incubó las bandejas de polivinilo transparentes de medio litro de capacidad, en una tina de plástico de 60 litros de capacidad color azul, donde se colocó un termocalentador de 200 watts, para mantener la temperatura cercana a 30°C de manera constante. En el segundo ensayo se elaboró una artesa de madera de 1.10 m. de largo x 1.00 m., de ancho x 0.60 m. de alto, revestido con

geomembrada de 0.7 mm de espesor, con un tirante de agua de 0.3 m., aprox. La cual estaba dentro de la sala de incubación, en ambos casos estuvieron dentro de un recinto de material de policarbonato, que ayudó a mantener la temperatura más estable (invernadero) (Fig. 4).



Figura 4. Preparación de artesa de incubación de huevos embrionados. (Fuente: Propia).

f. Técnica de reproducción:

Para la reproducción de los 16 ejemplares reproductores no se realizó ninguna técnica de inducción, siendo la reproducción de manera espontánea (natural), sin intervención alguna. Los reproductores estaban confinados en un estanque circular de 15 m., de diámetro aproximadamente, provistos con agua del río Osmore, con poca renovación de agua (uso de bomba para recircular el agua).

g. Extracción y transporte de huevos

Cada viernes a partir del mes de Febrero del 2019, se procedió a realizar la selección de las hembras que presentaban características de haberse reproducido, como es el presentar la boca cerrada y con una prolongación debajo de la lengua (Figura 5) y no aceptaban alimento. Con la ayuda de una red se procedió a cercarlas y se bajó el nivel del agua, para facilitar la captura.

Las reproductores hembras que presentaban huevos en la cavidad bucal, fueron capturadas, para proceder con la extracción de los huevos (destete). Las reproductores hembras fueron capturadas usando un chinguillo; se procedió a extraer las hembras sujetándolas con un guante de tela revestido con gebe, y abriéndoles la cavidad oral y con la ayuda de agua se procedió a enjuagar la cavidad bucal, donde los huevos fueron extraídos de cada hembra directamente a cada tina de plástico de 8 litros llenadas con agua filtrada del mismo estanque, siendo éstos confinados en bandejas de plástico de color celeste, confiriéndose una bandeja de plástico por hembra destetada

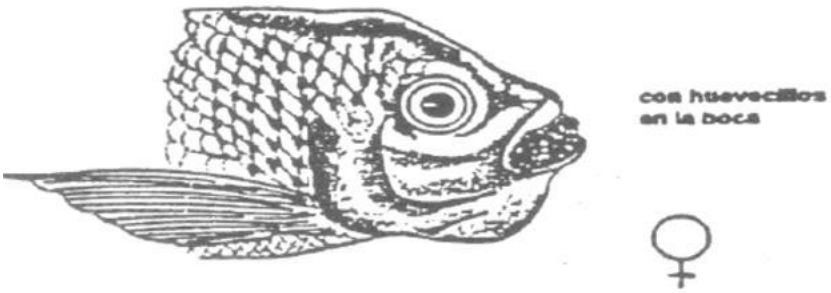


Figura 5. Hembras que presentaban características de haberse reproducido. (Fuente: Valverde, 2006.)

Se observaron diferentes estadíos de desarrollo; cuando las hembras tenían en la cavidad bucal únicamente huevos fertilizados cuyos embriones aún no habían eclosionado; cuando las hembras tenían en su boca larvas con presencia de saco vitelino; y post larvas sin saco vitelino. En todos los casos se colocaron los huevos embrionados de cada hembra por tina colocándolos en la sombra y llevándolos a la sala de incubación que se había acondicionado. Para evitar contacto con el sol, procediendo luego a realizar los lavados respectivos para eliminar restos orgánicos que pudieran estar presentes.

h. Selección de huevos embrionados

Durante la evaluación de la incubación en el proceso de experimentación se evidenció una gran mortalidad de huevos embrionados, cuando se colectaban y eran mantenidos en las bandejas plástico de 12 litros de capacidad, con agua sin renovación ni oxigenación (movimiento de agua). Para lo cual, se tuvo que realizar una selección de huevos embrionados, mediante un seguimiento biológico del desarrollo embrionario y se estableció una escala empírica de desarrollo embrionario. Después de las observaciones de los casos de huevos embrionados, se pudo determinar tres tipos de diferenciación de desarrollo embrionario, que se pueden observar a simple vista (y que fueron confirmados con la observación mediante un estereoscopio), desde el evento de fertilización y que permitió considerar el criterio de inclusión y exclusión entre los huevos embrionados, estableciéndose dichos estadíos de desarrollo embrionario, siendo:

- *Estadio I*

Los huevos confinados que se observaron en la sala de incubación fueron huevos fecundados, esférico y pequeño, el vitelo era esférico, granular y de color amarillo lechoso, la membrana del corion era transparente y lisa, presentando una ligera línea transparente que envuelve el vitelo, o sin presencia de la línea transparente, con ligeros puntos negros, en algunos casos (Figura 6).



Figura 6. Estadio I de huevo *Oreochromis niloticus* (Fuente: Elaboración propia)

- *Estadio II*

Los huevos confinados que se observó en la sala de incubación presentaban mayor presencia de puntos negros, así como una parte del extremo (polo vegetal) color transparente. Estás células daban lugar al blastómero y a donde se observó la cresta embriónica marcada (Figura 7).

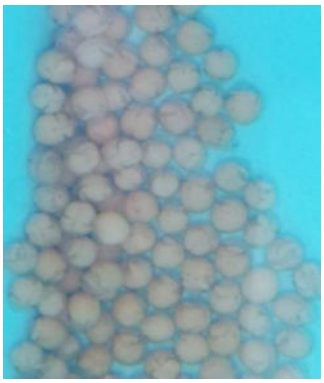


Figura 7. Estadio II de huevo *Oreochromis niloticus* (Fuente: Propia).

- *Estadio III*

El tamaño del embrión aumenta considerablemente. Se puede diferenciar la región cefálica y el notocordio. Es posible distinguir con claridad la pigmentación de los ojos, y la irrigación sanguínea del organismo y del vitelo además de la formación del corazón, presencia de mayor cantidad de puntos negros cerca a la región cefálica (Figura 8).

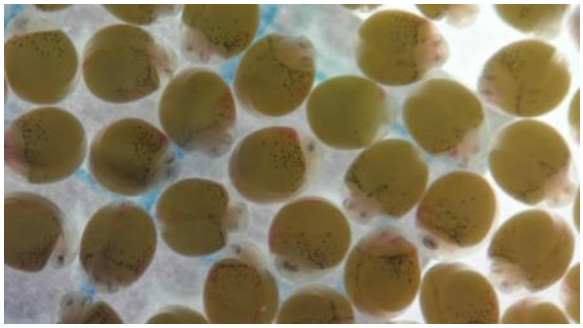


Figura 8. Estadio III de huevo *Oreochromis niloticus* (Fuente: Propia).

Después de la selección de los huevos embrionados, se procedió a ponerlos en las tinas de selección, para trasladarlos a la sala de incubación (Figura 9).



Figura 9. Extracción y transporte de los huevos de tilapia. (Fuente: Propia).

i. Registro de las tasas de sobrevivencia y mortalidad

Diariamente por el tiempo que duró el experimento (I Ensayo y II Ensayo), se eliminaban los huevos que presentaban color blanquecino (huevos no viables), llevando la contabilidad de los huevos extraídos (Anexo 01 y 02). Durante el tiempo de experimentación no se renovó el agua en los envases descartables de medio litro y la extracción de dichos embriones muertos, se realizó con la ayuda de una pipeta descartable de 5 ml de capacidad.

j. Estadios de huevos de tilapia

Para poder realizar la incubación artificial de los huevos embrionados, se aplicó el criterio de inclusión y exclusión. Para lo cual se consideró trabajar con el desarrollo embrionario descrito anteriormente del estadío III, porque éstos presentaban mejor resistencia a la manipulación en incubación artificial, sin recambio de agua.

k. Limpieza y recambio de agua.

Se realizó la limpieza y se extrajeron con una pipeta las escamas visibles presentes en la tina, el polvo y las micro algas adherida en la tina de plástico, con la ayuda de una pipeta descartable.

l. Confinamiento de los huevos de tilapia.

Las tinas fueron colocadas en la mesa de trabajo en la sala de incubación; donde se realizó la aclimatación de los huevos a la nueva temperatura, se le coloco un termostato para aclimatarlos donde diariamente se tomó temperatura de cada bandeja.

m. Confinamiento de las ovas en la sala de incubación.

El traslado de los huevos de las bandejas de recolección hacia las "salchipaperas" se realizó de manera directa, donde se hizo el conteo por tratamiento. Se colocó cada salchipapera en la base de tecnopor para que se mantenga a flote y sea más fácil en el mantenimiento y selección de ovas, todo eso se colocó en una artesa de madera revestida con geomembrana, donde luego se contabilizaban diariamente los embriones muertos, descartando y registrando en los formatos de registro los huevos muertos y hongeados (a los cuales se los diferenció por el color blanquecino), hasta que los embriones eclosionen, con lo cual terminó el experimento realizado. Este trabajo de investigación, se realizó en dos ensayos experimentales, siendo:

- *I Ensayo:*

Se trabajó con un total de 1500 huevos en estadío de desarrollo embrionario III (descrito anteriormente), distribuidas al azar en 3 tratamientos que constaba de tres diferentes densidades (Tratamiento 1 = 100 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 2 = 200 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 3 = 300 huevos embrionados 0.5 l-1.) Así mismo, cada tratamiento tenía 5 réplicas. Llevando el control de concentración de oxígeno, temperatura y pH. Así como, se llevó el registro de las tasas de sobrevivencia y mortalidad por replica y por

tratamiento, los cuales estaban confinados en envases descartables trasparentes de medio litro de capacidad.

- *II Ensayo:*

En el segundo ensayo se trabajó con un total de 1200 huevos en estadío de desarrollo embrionario III (descrito anteriormente), distribuidas al azar en 3 tratamientos que constaba de tres diferentes densidades (Tratamiento 1 = 60 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 2 = 80 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 3 = 100 huevos embrionados 0.5 l-1.) Así mismo, cada tratamiento tenía 5 réplicas. Llevando el control de concentración de oxígeno, temperatura y pH. Así como, se llevó el registro de las tasas de sobrevivencia y mortalidad por replica y por tratamiento, los cuales estaban confinados, en envases descartables trasparentes de medio litro de capacidad, llevando el registro de los huevos embrionados en 4 días de incubación artificial (Figura 10).



Figura 10. Extracción y transporte de los huevos de tilapia. (Fuente: Propia).

3.6 Análisis de datos

Se utilizó el diseño no paramétrico de Kruskal Wallis. Los huevos fueron evaluados utilizando el estereoscopio de marca Karll Zeis, del laboratorio de Biología de la Universidad Nacional de Moquegua – UNAM – Filial Ilo, para evidenciar que eran huevos embrionados en estadío de embrionamiento II (según figura 7).

Posteriormente se llevó el registro diario de los porcentajes de mortalidad y sobrevivencia, los cuales sirvieron para la evaluación estadística, según el diseño estadístico indicado anteriormente, con un nivel de confianza del 95%, utilizando para el primer lote de huevos embrionados un diseño factorial según se indica en el figura 11 (Arbol del diseño factorial), los cuales fueron evaluados en dos ensayos.

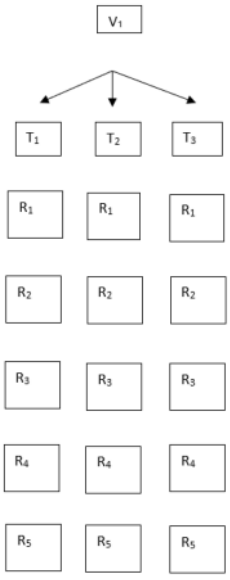


Figura 11. Árbol del diseño factorial, primer ensayo. (Fuente: Elaboración propia)

TOTAL = 500 + 1000 + 1500 = 3000 Huevos

V1= Variable: Densidad.

T1=Tratamiento con 100 huevos embrionados 0.5 L-1

T2= Tratamiento con 200 huevos embrionados 0.5 L-1

T3= Tratamiento con 300 huevos embrionados 0.5 L-1

R = Repetición 1, 2, 3, 4 y 5.

Posteriormente se evaluó un segundo lote de huevos embrionados, para encontrar cual es la densidad más óptima según la figura 12 (Arbol del diseño factorial).

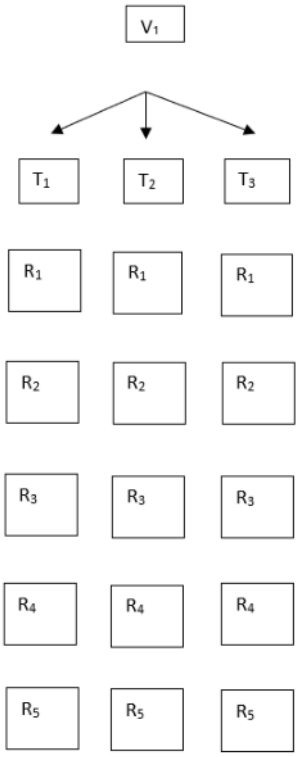


Figura 12. Árbol del diseño factorial, del segundo ensayo. (Fuente: Elaboración propia)

TOTAL = 300 + 400 + 500 = 1200 Huevos embrionados

V1= Variable: Densidad.

T1=Tratamiento con 60 huevos embrionados 0.5 L-1

T2= Tratamiento con 80 huevos embrionados 0.5 L-1

T3= Tratamiento con 100 huevos embrionados 0.5 L-1

R = Repetición 1, 2, 3, 4 y 5

IV. Resultados del experimento

4.1 Efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", sobre la tasa de eclosión o sobrevivencia, sin recambio de agua.

a. I Ensayo.

Se evaluó el porcentaje de sobrevivencia de las diferentes densidades de embriones observándose que, en el primer día de incubación, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (p› 0.05), presentando una media de 100 y una desviación estándar de ± 0. En el segundo día de incubación, se observó que no presentó diferencia estadística entre los tratamientos (p= 0.5010; p› 0.05), presentando para el tratamiento 1 una media de 85.60 % y una desviación estándar de ± 6.66 %; para el tratamiento 2 una media de 83.00 % y una desviación estándar de ± 6.60 %; para el tratamiento 3 una media de 86.80 % y una desviación estándar de ± 3.35 %; en el tercer día de incubación sin recambio de agua se observó que no presentó diferencia significativa entre los tratamientos (p= 0.4226; p› 0.05), presentando para el tratamiento 1 una media de 93.80 % y una desviación estándar de ± 7.66 %; para el tratamiento 2 una media de 88.40 % y una desviación estándar de ± 16.64 %; para el tratamiento 3 una media de 81.20 % y una desviación estándar de ± 15.22 %. En el cuarto día de incubación, no se evidenció diferencia significativa entre los tratamientos (p= 0.1588; p› 0.05), presentando para el tratamiento 1 una media de 83.40 % y una desviación estándar de ± 15.34 %; para el tratamiento 2 una media de 68.60 % y una desviación estándar de ± 14.06 %; para el tratamiento 3 una media de 63.80 % y una desviación estándar de ± 14.62 %. En el quinto día de incubación, se evidenció la diferencia significativa entre los tratamientos (p= 0.0024; p‹ 0.05), siendo el tratamiento 1 (densidad de 100 embriones incubados 0.5 l-1), el tratamiento que presentó la diferencia significativa entre los tratamientos, presentando para el tratamiento 1 una media de 17.23 % y una desviación estándar de ± 14.60 %; para el tratamiento 2 una media de 99.49 % y una desviación estándar de ± 1.14

%; para el tratamiento 3 una media de 100 % y una desviación estándar de ± 0 %, como se observa en la figura 13.

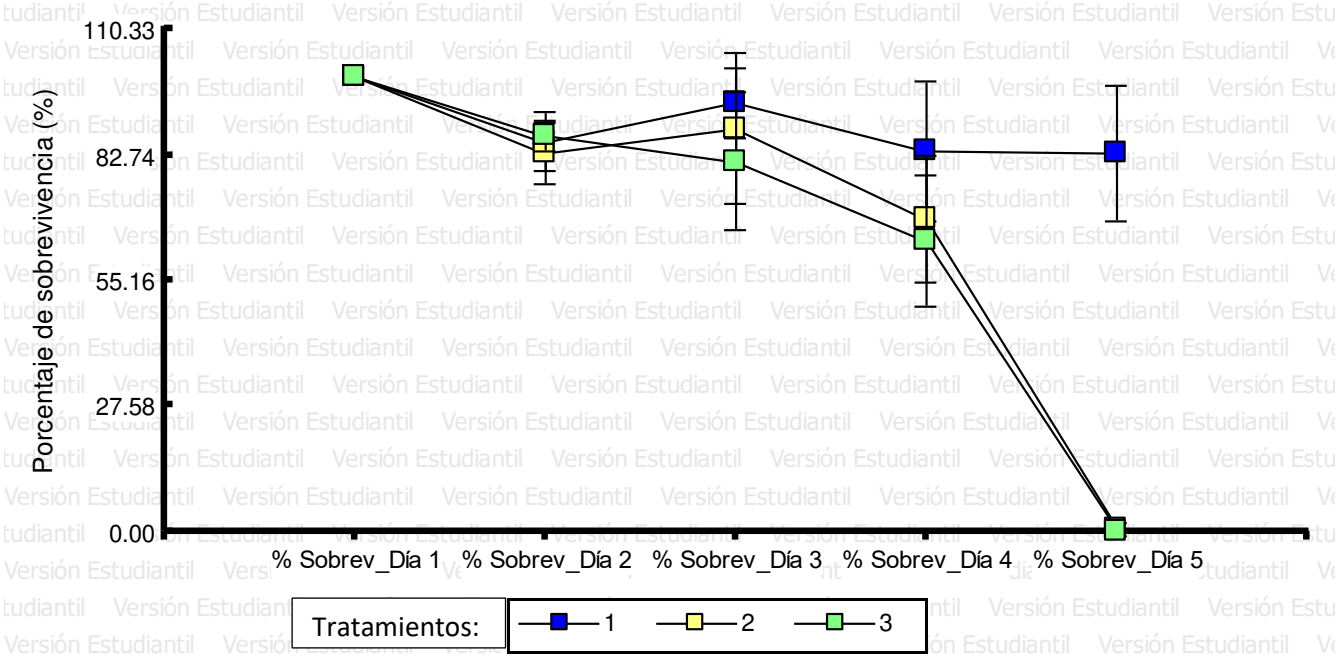


Figura 13. I Ensayo - porcentaje de sobrevivencia de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", incubados sin recambio de agua. (Fuente: Elaboración propia).

b. II Ensayo:

Los valores del porcentaje de sobrevivencia de las 3 densidades de huevos embrionados (Tratamiento 1 = 60 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 2 = 80 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 3 = 100 huevos embrionados 0.5 l-1.), no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (p› 0.05; p= 0.5709), presentando para el tratamiento 1 una media de 75.20 % y una desviación estándar de ± 18.51 %; para el tratamiento 2 una media de 83.20 % y una desviación estándar de ± 8.47 %; para el tratamiento 3 una media de 84.40 % y una desviación estándar de ± 10.36 %, según se observa en la figura 14.

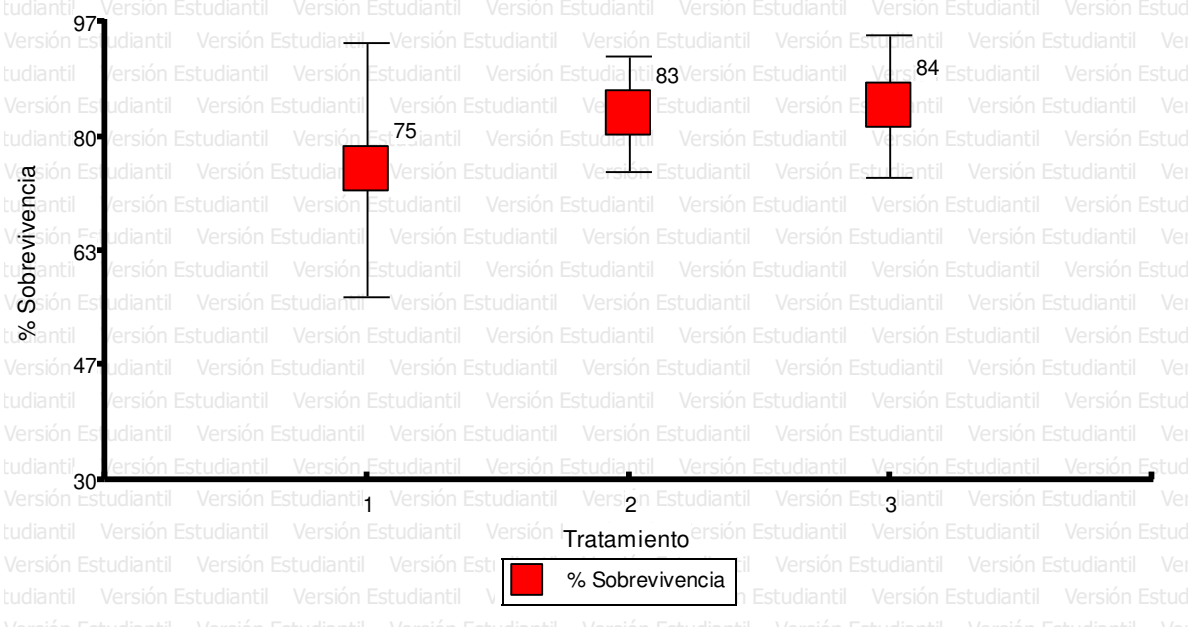


Figura 14. II Ensayo - Porcentaje de sobrevivencia de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", incubados sin recambio de agua. (Fuente: Elaboración propia).

4.2 Efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", sobre la tasa de mortalidad, sin recambio de agua.

a. I Ensayo:

Se evaluó el porcentaje de mortalidad de las diferentes densidades de embriones observándose que, en el primer día de incubación, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (p› 0.05), presentando una media de 0% y una desviación estándar de ± 0%. En el segundo día de incubación, se observó que no presentó diferencia estadística entre los tratamientos (p= 0.6446; p› 0.05), presentando para el tratamiento 1 una media de 14.40 % y una desviación estándar de ± 6.66 %; para el tratamiento 2 una media de 15.30 % y una desviación estándar de ± 4.51%; para el tratamiento 3 una media de 13.20 % y una desviación estándar de ± 3.65 %; en el tercer día de incubación sin recambio de agua se observó que no presentó diferencia

significativa entre los tratamientos (p= 0.2723; p› 0.05), presentando para el tratamiento 1 una media de 6.37 % y una desviación estándar de ± 7.80 %; para el tratamiento 2 una media de 11.57 % y una desviación estándar de ± 16.63 %; para el tratamiento 3 una media de 19.01 % y una desviación estándar de ± 15.12 %. En el cuarto día de incubación, no se evidenció diferencia significativa entre los tratamientos (p= 0.1604; p› 0.05), presentando para el tratamiento 1 una media de 16.72 % y una desviación estándar de ± 15.29 %; para el tratamiento 2 una media de 31.33 % y una desviación estándar de ± 13.99 %; para el tratamiento 3 una media de 36.33 % y una desviación estándar de ± 14.43 %. En el quinto día de incubación, se evidenció la diferencia significativa entre los tratamientos (p= 0.0024; p‹ 0.05), siendo el tratamiento 1 (densidad de 100 embriones incubados 0.5 l-1), el tratamiento que presentó la diferencia significativa entre los tratamientos, presentando para el tratamiento 1 una media de 17.23 % y una desviación estándar de ± 14.60 %; para el tratamiento 2 una media de 99.49 % y una desviación estándar de ± 1.14 %; para el tratamiento 3 una media de 100 % y una desviación estándar de ± 0 %, como se observa en la figura 15.

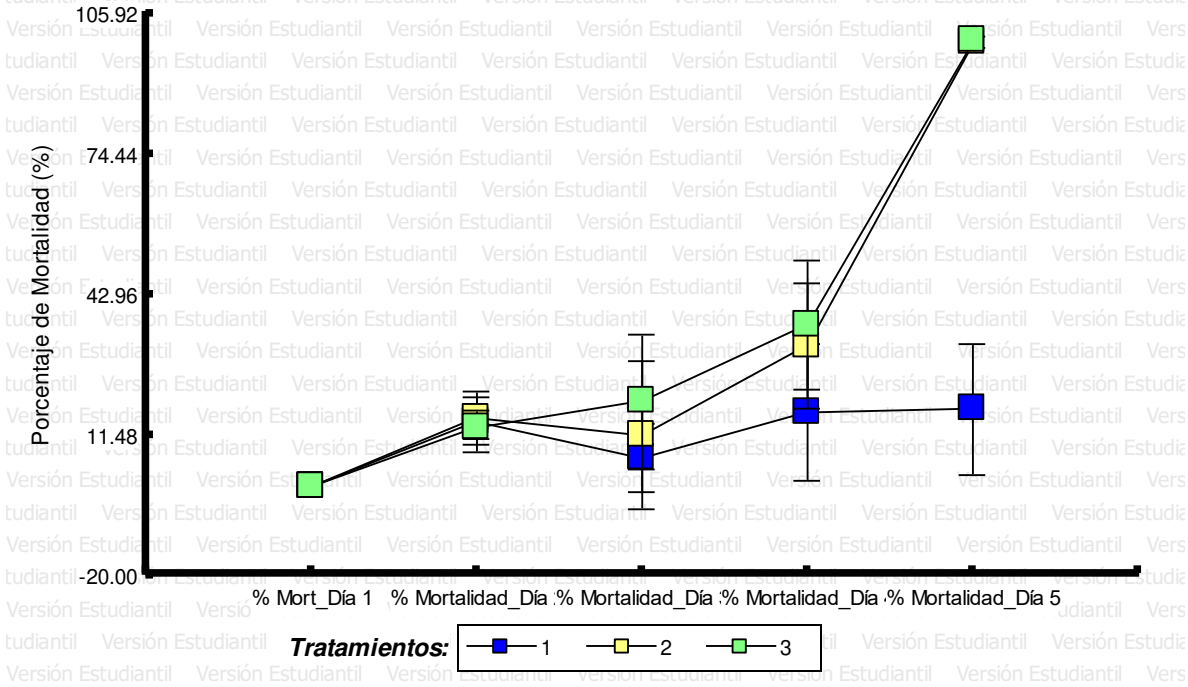


Figura 15. I Ensayo - porcentaje de mortalidad de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", incubados sin recambio de agua. (Fuente: Elaboración propia).

b. II Ensayo:

Los valores del porcentaje de sobrevivencia de las 3 densidades de huevos embrionados (Tratamiento 1 = 60 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 2 = 80 huevos embrionados 0.5 l-1; Tratamiento 3 = 100 huevos embrionados 0.5 l-1.), no presentó diferencias significativas entre los tratamientos (p› 0.05; p= 0.5709), presentando para el tratamiento 1 una media de 24.80 % y una desviación estándar de ± 18.51 %; para el tratamiento 2 una media de 16.80 % y una desviación estándar de ± 8.47 %; para el tratamiento 3 una media de 15.60 % y una desviación estándar de ± 10.36 %, según se observa en la figura 16.

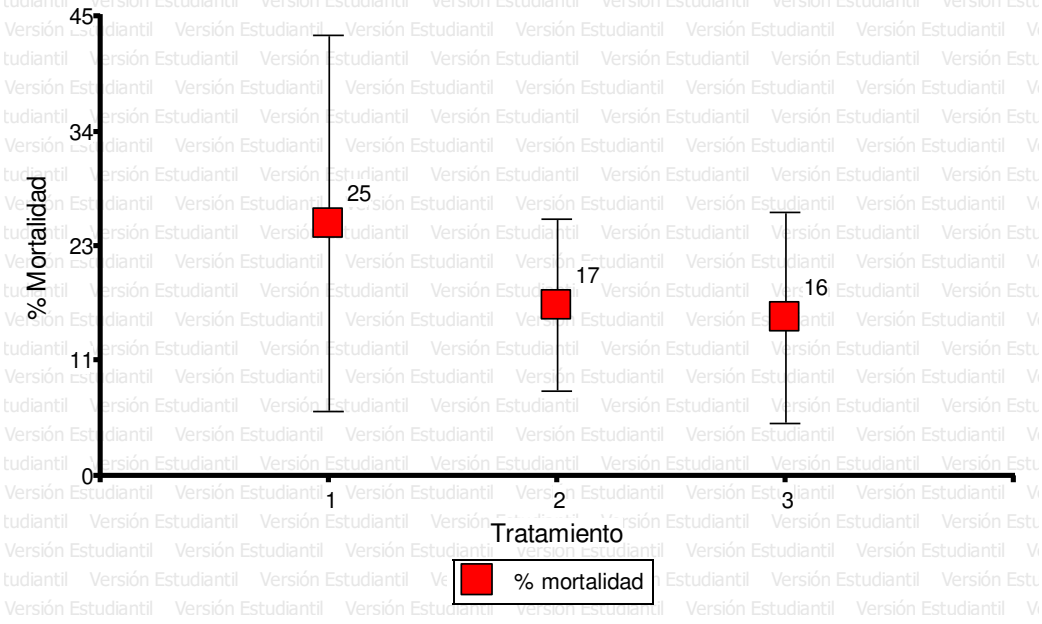


Figura 16. II Ensayo - porcentaje de mortalidad de embriones de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris", incubados sin recambio de agua. (Fuente: Elaboración propia).

V. Discusión de resultados

La tilapia, es una especie que soporta los parámetros de incubación artificial, encontrándose reportes de Perdomo-Carrillo et al. (2017) y de Green y Teichert-Coddington (1993). Estudios realizados por Green & Teichert-Coddington (1993) realizaron incubación artificial de huevos de tilapia gris reportando valores aceptables en relación a una reproducción natural, lo cual coincide con nuestro trabajo puesto que las post larvas que se obtuvo en nuestro experimento respondieron bien al proceso de incubación artificial (sobrevivencia), aun siendo la incubación sin renovación de caudal a diferencia del trabajo referido anteriormente, quienes hicieron una incubación de manera artificial y también natural, obteniendo valores no significativos, reportando que el proceso de retiro de los huevos de la boca de la hembra reproductora (destete) seguido de un proceso de incubación artificial, eleva la producción de alevinos y presentan ventajas para el proceso de reversión de los alevinos, lo cual coincide parcialmente con nuestro trabajo porque se realizó el destete, incubación artificial, pero no hubo flujo continuo de agua o una renovación parcial del volumen de agua de las bandejas descartables de incubación donde fueron confinados los huevos embrionados.

Así también, en el presente trabajo sólo usamos huevos embrionados en un estadío avanzado de desarrollo, los cuales demostraron que son rústicos para el confinamiento o proceso de incubación a condiciones extremas sin flujo de agua, lo cual guarda cierta relación con el criterio descrito por Perdomo-Carrillo et al. (2017), quienes clasificaron a los huevos como embrionados o no embrionados durante el proceso de destete. El flujo de agua e incubadoras comerciales o bandejas de incubación en el proceso de incubación de huevos embrionados de tilapia es una técnica que se utiliza en diversos países Udonthani, Thailand, a private hatchery in Chiang Mai y también en jarras de plástico en Bangladesh según lo reportado por Bhujel (2009), lo cual difiere con lo que usamos porque aparte que no se mantuvo un flujo constante de agua, ni se reemplazó agua durante el proceso de incubación, las bandejas fueron de material descartable y de color transparente. Estadíos de desarrollo embrionario fueron evidenciados por Piamsomboon, Mehl, Sirivaidyapong, & Wongtavatchai (2019), quienes evidenciaron 7 estadíos de desarrollo larval temprano, en nuestro trabajo sólo pudimos apreciar 3 estadíos de

desarrollo embrionario de la etapa final, puesto que, al momento de realizar el destete, éstos ya tenían varias horas post fertilización natural.

Estudios realizados por Bart, Prasad, y Thakur (2013), donde combinaron temperatura/salinidad y pH, en la etapa de eclosión en tilapia, demostraron que la combinación de los valores de 27.3°C de temperatura, 9.2 ppm de salinidad y 7.4 upH, fueron los que mejor resultados dieron en el porcentaje de eclosión llegando a un 82.7%. En el presente estudio, los valores de temperatura, pH y tasa de eclosión (sobrevivencia).

La alimentación de los reproductores usando el alimento artificial extruzado con 28% de proteína bruta y que contenía vitamina C, garantizó el normal desempeño reproductivo, (óvulos maduros) lo cual coincide en los estudios realizados por Sarmento et al. (2018), quienes evidenciaron la importancia de la vitamina C en la optimización de los parámetros productivos, sanguíneos, la calidad de los huevos y las larvas de la tilapia nilótica.

Según lo reportado por Hui, Wenjing, Chuankun, Zhengjun, y Nan (2018), en la evaluación de la densidad y el caudal de agua en el proceso de incubación, llegaron a la conclusión que ambos juegan un papel importante en la incubación comercial de tilapia del Nilo, presentando diferencias significativas en la interacción de éstas variables, reportando que con un caudal de agua de 7.66 L min-1 con una densidad de huevos de 1.44 x 104 huevos L-1, obtuvieron valores medios de 95.2%, lo cual se asemeja mucho con nuestros resultados por cuanto obtuvimos valores cercanos al 90% de tasa de sobrevivencia pero sin el gasto de caudal de agua que reportan los autores. Así mismo, esta interacción de dichas variables, coinciden con lo reportado por el presente trabajo de investigación, por cuanto a volumen constante sin renovación la densidad de huevos embrionados superiores a 100 huevos 0.5 L-1, presentan tasas de mortalidad del 100%. Con lo cual podemos asegurar, que a diferencia del gasto de agua y de contar con recursos económicos

importantes para implementar un laboratorio de incubación artificial de huevos embrionados de tilapia en la provincia de Ilo, sí es factible para el campesino que desea incursionar en la acuicultura, pero por los costos iniciales de inversión, termina desanimándose con la consecuente falta de motivación para incursionar y diversificar la acuicultura en la parte sur del Perú.

Estudios realizados sobre el uso y aprovechamiento de la energía solar, han reportado la utilidad del aprovechamiento de este recurso energético, que no pueden ser cultivados de manera tradicional en nuestra región, porque la temperatura ambiental (clima), no hace posible que la temperatura del agua sea la adecuada, lo cual imposibilita el aprovechamiento de éste recurso para fines productivos, más aun cuando existiendo la tecnología de cultivo de peces en invernadero que ya se está usando, para especies acuáticas en el mundo y a nivel nacional (Mora, Urueña, Landines, & Sanabria, 2007; Baltazar, 2007; Parrado , 2012; Estévez, 2018; Mendoza & Berger, 2016; Bernuy, G; Vega, E; Miglio, 2016; Meyer, 2013; Correa, 2014) y que pueden aplicarse en nuestra región, tenemos una escaza investigación en nuestro País, en relación al uso de tecnologías que permitan evaluar la potencialidad de la implementación, de tecnología de invernadero en acuicultura, a diferencia de otros países (Hahn-von-hessberg y Grajales-quintero, 2016) .

VI. Conclusiones

La presente investigación ha determinado que el proceso de incubación artificial a diferentes densidades de huevos embrionados de *Oreochromis niloticus*, presenta un efecto en la densidad límite de incubación, que afectan los parámetros productivos (tasa de sobrevivencia y tasa de mortalidad), en esta etapa.

Lo descrito anteriormente, permite descartar la hipótesis nula planteada, ya que sí existe efecto de la densidad en el proceso de incubación artificial. Así mismo, con respecto al efecto de la densidad en la etapa de incubación de embriones, se puede afirmar que densidades de 100 embriones 0.5 l-1 de agua sin recambio durante el proceso de incubación (en estadío avanzado de desarrollo embrionario), sí es posible mantener tasas de sobrevivencia cercanas a los valores comerciales de producción, lo cual presentó diferencias significativas en el I ensayo más no hubo diferencia significativa para el II ensayo.

Así también, podemos indicar que la tasa de mortalidad en la incubación de los huevos embrionados de tilapia gris, presentan diferencias entre los tratamientos evaluados, para el I ensayo, lo cual es confirmado al rechazar la hipótesis nula. Sin embargo, en el II ensayo no hubo la diferencia estadística significativa. Con lo cual, podemos descartar la hipótesis alternativa la cual postulaba que existía diferencia significativa entre los tratamientos.

VII. Recomendaciones

Para poder tener el conocimiento más completo sobre las posibilidades de la aplicación de éste tipo de procedimientos de confinamiento sobre cuerpos de agua sin movimiento, es necesario que se continúe investigando en las demás etapas del proceso productivo, para poder establecer las condiciones técnicas de un posible protocolo, que establezca los datos técnicos de cultivo de post larvas y alevinos, para lo cual se necesita desarrollar trabajos de investigación que ayuden a optimizar el recurso agua y éstos no comprometan los parámetros productivos comerciales, como son la tasa de sobrevivencia y la tasa de mortalidad.

Así mismo, el continuar con trabajos de investigación que permitan abarcar otros estadíos de desarrollo biológico en el recurso tilapia, implica también mejorar el stock de reproductores, que actualmente necesitan renovación y fortalecimiento del vigor genético, para que los futuros acuicultores puedan acceder a iniciarse en la acuicultura con menores costos de producción inicial, con buena calidad de semillas.

Divulgar a los acuicultores interesados de la Región Moquegua, los resultados del efecto de la densidad sobre lo procesos que involucra el desarrollo de la actividad acuícola, que permitan diversificar la acuicultura continental en el Sur del Perú y puedan trabajar de una manera más técnica y no estar teniendo problemas de densidad en el desarrollo del cultivo.

VIII. Referencias bibliográficas

Acuioriente. Acuerdo Regional de Competitividad de la Cadena Piscícola en El Departamento del Meta. (2007). Disponible en: http://www.ensistemas.net/acuioriente/CadenaPiscicola.htm

Alceste, C. (2000). Estado de la Acuicultura de la Tilapia. artículo publicado en Acuicultura del Ecuador. CNA. Ecuador. Marzo - Abril 2000, . 25-29.

Balarín, J. (1979). Tilapia, A guide to their Biology and culture in África. University of stirling. Stirling -Scotland: 151pp.

Baltazar, P. (2007). La Tilapia en el Perú: Acuicultura, mercado, y perspectivas. Revista Peruana de Biologia, 13(3), 267–273.

Bardach, J. (1990). Acuacultura: Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. 1era reimpresión. AGT Editor S.A., México : 288 - 315 pp.

Bart, A., Prasad, B., & Thakur, D. P. (2013). Effects of incubation water hardness and salinity on egg hatch and fry survival of Nile tilapia Oreochromis niloticus (Linnaeus). Aquaculture Research, 44(7), 1085–1092. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03113.x

Bernuy, G; Vega, E; Miglio, M. (2016). Evaluación de la concentracion de nitrogeno amoniacal total bajo dos estrategias de adición de carbono en sistemas Biofloc para el cultivo de tilapia Oreochromis niloticus. 1–336.

Bregnballe, J. (2015). A guide to recirculation aquaculture. An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and EUROFISH International Organisation.

Bhujel, R. (2009). Artificial Incubation , Hormonal Sex Reversal Promoted

Tilapia Boom. (October), 79–81. Retrieved from http://pdf.gaalliance.org/pdf/GAA-Bhujel-Sept09.pdf

Camilo, P. & Olivera M. (2002). Rev Col Cienc Pec Vol. 15: 1.

Carranza, E. & Aceituno, C. (2019). Evaluación de la tolerancia a la salinidad de la tilapia roja (oreochromis spp) en diferentes densidades de siembra en la región sur de Honduras. Revista Ciencia y Tecnología, (24), 49–63. https://doi.org/10.5377/rct.v0i24.7876.

Carrascal, J., Torres, A., Hurtado, H. & Gomez, E. (2016). Levante de carpa común (Cyprinus carpio) en sistemas cerrados de recirculación, bajo condiciones de laboratorio. Universidad Militar Nueva Granada, 12(1900–4699), 124–135. https://doi.org/10.18359/rfcb.2023

Castillo, C. (2001). Tilapia Roja: Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali- Colombia: 69pp. En : www.ag.arizona.edu/azaqua/ista/edited,tedpapers/south%20America/Campo-%20 Tilapia%20Roja.doc.

Cole, S. (2010). Reproduction and Sexuality in Marine Fishes: Patterns and Processes University of California Press. ISBN 978-0-520-26433-5.

Correa, J. (2014). *Ornamentales Bettupy* (Corporación Universitaria Lasallista). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/ojo.2014.48035

Coward, K. & Bromage, N.R. (2000). Reproductive physiology of female tilapia broodstock. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 10:1-25.

Decreto Supremo Nº 030-2001-PE. Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura, Ley Nº 27460, regula y promueve la actividad acuícola. Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura, el mismo que consta de seis (6) títulos, ochentidós (82) artículos y dos (2)

disposiciones transitorias, y que forma parte integrante del presente Decreto Supremo.

Espejo, G. (2006). Cultivo de Tilapia Roja en jaulas. Tecnología en Colombia.(PDF) Disponible en http://www. acuiculturaldia. com/Acceso, 8(07).

Estévez, I. (2018). Evaluación de la adaptabilidad de tres especies de cachama: negra, blanca e híbrida, en la comunidad de San Pedro, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura. Universidad Técnica del Norte.

Gallardo, C. (1981). Posturas y estadio de eclosión del gastrópodo Muricidae Chorus giganteus (Lesson, 1829). Studies on Neotropical Fauna and Environment, 16(1), 35-44.

Gichana, Z., Meulenbroek, P., Ogello, E., Drexler, S., Zollitsch, W., Liti, D. Waidbacher, H. (2019). Growth and nutrient removal effciency of sweet wormwood (Artemisia annua) in a recirculating aquaculture system for Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Water (Switzerland), 11(5), 1–16. https://doi.org/10.3390/w11050923

Günther, J., & Jiménez-Montealegre, R. (2004). Effect of the probiotic Bacillus subtilis on the growth and food utilization of tilapia (Oreochromis niloticus) and prawn (Macrobrachium rosenbergii) under laboratory conditions. Revista de Biología Tropical/International Journal of Tropical Biology and Conservation, 1(1), 937-943.

Green, B. W., & Teichert-Coddington, D. R. (1993). Production of Oreochromis niloticus fry for hormonal sex reversal in relation to water temperature. Journal of Applied Ichthyology. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1993.tb00399.x

Hahn-von-hessberg, C. M., & Grajales-quintero, A. (2016). Evaluación de invernaderos en producciones piscícolas. *Boletín Cinetífico Museo de Historia Natural*, *20*(2), 124–137. https://doi.org/10.17151/bccm.2016.20.2.9

Hahn-von-hessberg, C. M., & Grajales-quintero, A. (2016). En Producciones Piscícolas. 20(2), 124–137.

Hui, W., Wenjing, S., Chuankun, Z., Zhengjun, P., & Nan, W. (2018). Determination and application of optimal combination of egg density and water flow rate in tilapia commercial incubation. Aquaculture, 496, 291–296. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.031

Jarros para eclosión tipo McDonald – Acuiprocesos. S.f. Acuiprocesos.com. disponible en: http://www.acuiprocesos.com/catalogo/incubadoras/jarros-para-eclosion-tipo-mcdonald.html. Fecha de acceso: 28/12/2016

Klinge, L., Lich, H., & Loza, A. (2000). Estudio de Pre factibilidad para la instalación de un centro de producción de tilapia roja (Oreochromis spp) y procesamiento como filete fresco con fines de exportación. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Lima: Universidad Nacional la Agraria.

López, C., Carvajal, D., & Aguirre, M. (2007). Masculinización de Tilapia roja (Oreochromis spp) por inmersión utilizando 17 alfametiltestosterona. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 20(3), 318-326.

López, A., Botero M. (2007). Masculinización de tilapia roja (Oreochromis spp) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona. Rev Col Cienc Pec. 20: 318-326 pag.

Marcillo, G. & Landivar, Z. (2000). Tecnología de Producción de Alevinos

monosexo de Tilapia. Escuela superior politécnica del litoral, Facultad de Ing. Marina y Ciencias del Mar. Ecuador : 60pp.

Mendoza, D., & Berger, Christian; Berger, K. (2016). *La acuicultura peruana – una mirada al 2025*. *2025*, 1–21. Retrieved from http://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/red-icean/docs/Acuicultura Peruana - Una Mirada al 2025.pdf

Meyer, D. (2013). Contribuciones de Zamorano a la Acuacultura Latinoamericana. *Ceiba*, *52*(1), 81–89. https://doi.org/10.5377/ceiba.v52i1.969

Mora, C., Urueña, F., Landines, M., & Sanabria, A. (2007). Cíclidos. *Producción de Peces Ornamentales En Colombia*, 63–88. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Moreno, E, Rodríguez C, Barriga S, Arredondo F. (2003). Producción de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus) masculinizada con la hormona fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación. CIVA: 77-88.

Obregón, D. (2005). Reversion sexual de las Tilapias Roja (Oreochromis Sp), una guía básica para el acuacultor. REDVET.

Parrado, Y. (2012). Historia de la Acuicultura en Colombia. *AquaTIC: Revista Electrónica de Acuicultura*, (37), 60–77.

Perdomo-Carrillo, D. A., Perea-Ganchou, F., Moratinos-López, P. A., González-Estopiñán, M., Reyna-Camacho, Y. M., & Corredor-Zambrano, Z. A. (2017). Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (Oreochromis spp.) como estrategia productiva en tanques de concreto. Revista Cientifica de La Facultad de Ciencias Veterinarias de La Universidad Del Zulia, 27(6), 393–402.

Piamsomboon, P., Mehl, N. S., Sirivaidyapong, S., & Wongtavatchai, J. (2019). Assisted reproduction in Nile tilapia Oreochromis niloticus: Milt preservation, spawning induction and artificial fertilization. Aquaculture, 507, 139–143. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.019

Pinza, J. (2014). Manejo de Reproductores y de la calidad del agua para la mejora de la producción de alevinos de tilapia roja (Oreochromis sp.) en la estación piscícola Fish-Low, Huila, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Ingeniería de producción Acuícola, San Juan de Pasto, Colombia.

Rab, M. (1989). Intensive nursing of Nile Tilapia fry. Msc thesis, Asian Institute of Technology, Bangkok.

Saavedra, M. (2006). Manejo del cultivo de Tilapia. Managua, Nicaragua. Disponible en: http://es.slideshare.net/SandraRuiz18/tilapicultura.

Santiago, A. (2008). Centro Acuícola de Jalapa del Marqués. Disponible en: http://.www.es.scribd.com/doc/3185478/inducciónsexual#document_metadata

Sarmento, N. L. A. F., Martins, E. F. F., Costa, D. C., Mattioli, C. C., da Costa Julio, G. S., Figueiredo, L. G., … Luz, R. K. (2018). Reproductive efficiency and egg and larvae quality of Nile tilapia fed different levels of vitamin C. Aquaculture, 482, 96–102. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.035

SENASA (2005). Ministerio de Agricultura y Ganaderia. Direccion de Salud Animal. Manual deBuenas Practicas Pecuarias en Acuicultura.

Suresh, A. and Lin, C. (1999). Tilapia culture in saline waters – a review. Aquaculture 106:201-226.

Tomalá, D., Chavarría, J., & Escobar, B. E. A. (2014). Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno de Colossoma macropomum en relación al peso corporal y temperatura del agua. Latin American Journal of Aquatic Research, 42(5), 971–979. https://doi.org/10.3856/vol42-issue5-fulltext-4

Torres, W., Perdomo, M. Hernández, G., & Gutiérrez, M. (2010). Digestibilidad aparente de ingredientes de uso común en la fabricación de raciones balanceadas para tilapia roja híbrida (Oreochromis sp). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 23(2), 207-216.

Valbuena, R., R. Rosado & C. Rurales. (2013). Relación entre factores dimensionales y de composición en la determinación de la calidad del huevo en tilapia roja (Oreochromis spp). Revista lasallista de investigación - vol. 10 no. 1 – 2013. pp.: 27 – 37

Valenzuela, R., & Arevalo, J. J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (Oreochromis sp .) Preliminary evaluation of a water recirculation system for a prototype implemented in the production of red tilapia (. pp. 2–10

Valverde, A. (2006). Determinación del potencial del mercado interno del consumo de tilapia en la provincia de los Ríos. Escuela superior politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Ecuador.

Vega, R., Pradenas, M., Estrada, J., Ramírez, D., Valdebenito, I., Mardones, A., Dantagnan, P., Alfaro, D., Encina, F. y Pichara, C. (2012). Evaluación y comparación de la eficiencia de dos sistemas de incubación de huevos de Genypterus chilensis (Guichenot, 1848) Centro de Investigaciones Marinas Quintay, Universidad Andrés Bello, Quintay Valparaíso, Chile Lat. Am. J. Aquat. Res., 40(1): 187-200,

Viteri, G. (1985). Evaluación preliminar del crecimiento de carpa común y tilapia del Nilo con tazas crecientes de abono de vacuno. Tesis para optar el Título de Ingeniero pesquero. Lima: Universidad Nacional la Agraria.

Wicki, G. & Gromenida, M. (1997). Estudio de desarrollo y promoción de tilapia

(O. niloticus). Secretaria de agricultura, Pesca y Alimentación Buenos Aires. Argentina julio 1997. Disponible En: http: //aquatic.inizar.es/n1/art204/Tilapia.htm.

Woynarovich, E. y Horváth, L. (1980). Reproducción artificial de peces de aguas templadas: manual para extensionistas. FAO Documentos Técnicos de Pesca (201): 187 p.

Woynarovich, E. & Horváth, L. (1981). Propagación artificial de peces de aguas templadas. Brasil: FAO. Disponible en http://www.fao.org/DOCREP/005/AC908S/AC908S00.HTM.

Zimmerman, S. (1999). Incubación artificial. Técnica que permite la producción de tilapias del Nilo genéticamente superiores. Panorama de acuacultura., pp. 21.

IX. ANEXOS

ANEXO 01:

Cuadro de las tasas de sobrevivencia y mortalidad de huevos embrionados de Oreochromis niloticus tilapia gris, sin recambio de agua – I Ensayo

Trat	Réplica	Día 1				Día 2				Día 3				Día 4				Día 5			
		Emb. vivos	Emb. Muertos	% Emb. Vivos	% Emb. Muertos	Emb. Muertos	Emb. vivos	% Emb. Vivos	% Emb. Muertos	Emb. Muertos	Emb. vivos	% Emb. Vivos	% Emb. Muertos	Emb. Muertos	Emb. vivos	% Emb. Vivos	% Emb. Muertos	Emb. Muertos	Emb. vivos	% Emb. Vivos	% Emb. Muertos
1	1	100	0	100	0	18	82	82	18	11	71	87	13	25	46	65	35	8	38	83	17
	2	100	0	100	0	16	84	84	16	0	84	100	0	25	59	70	30	18	41	69	31
	3	100	0	100	0	15	85	85	15	1	84	99	1	0	84	100	0	0	84	100	0
	4	100	0	100	0	3	97	97	3	1	96	99	1	5	91	95	5	5	86	95	5
	5	100	0	100	0	20	80	80	20	13	67	84	16	9	58	87	13	19	39	67	33
2	1	200	0	100	0	53	147	74	27	32	115	78	22	24	91	79	21	91	0	0	100
	2	200	0	100	0	31	169	85	16	61	108	64	36	30	78	72	28	76	2	3	97
	3	200	0	100	0	18	182	91	9	0	182	100	0	44	138	76	24	138	0	0	100
	4	200	0	100	0	43	157	79	22	0	157	100	0	44	113	72	28	113	0	0	100
	5	200	0	100	0	28	172	86	14	0	172	100	0	96	76	44	56	76	0	0	100
3	1	300	0	100	0	29	271	90	10	109	162	60	40	75.00	87	54	46	87	0.00	0	100
	2	300	0	100	0	29	271	90	10	63	208	77	23	28.00	180	87	13	180	0.00	0	100
	3	300	0	100	0	43	257	86	14	56	201	78	22	102.00	99	49	51	99	0.00	0	100
	4	300	0	100	0	42	258	86	14	1	257	100	0	89.00	168	65	35	168	0.00	0	100
	5	300	0	100	0	55	245	82	18	23	222	91	9	81.00	141	64	36	141	0.00	0	100

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02:

Cuadro de las tasas de sobrevivencia y mortalidad de huevos embrionados de *Oreochromis niloticus* tilapia gris, sin recambio de agua – II Ensayo.

Tratamiento	réplica	Densidad	Ejemplares vivos	% sobrevivencia	% Mortalidad
1	1	60	50	83	17
1	2	60	47	78	22
1	3	60	54	90	10
1	4	60	49	82	18
1	5	60	26	43	57
2	1	80	69	86	14
2	2	80	73	91	9
2	3	80	71	89	11
2	4	80	56	70	30
2	5	80	64	80	20
3	1	100	96	96	4
3	2	100	86	86	14
3	3	100	83	83	17
3	4	100	89	89	11
3	5	100	68	68	32

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03:

Registro de los valores de los parámetros físico químicos del agua de incubación de los huevos embrionados de *Oreochromis niloticus* tilapia gris, sin recambio de agua – I Ensayo.

Trat.	Réplica	Dia 1			Dia 2			Dia 3			Dia 4			Dia 5		
		T°C	O2	pH	T°C	O2	pH	T°C	O2	pH	T°C	O2	pH	T°C	O2	pH
1	1	27.5	4.65	7.2	27.2	4.37	7.62	29.4	5.09	7.68	28.9	5.2	7.2	28.7	4.8	7.65
	2	27.1	4.52	7.32	27.8	4.28	7.69	30.4	3.12	7.63	29.7	4.5	7	27.9	4.6	7.51
	3	27.3	4.21	7.21	27.9	4.08	7.64	30.1	5.6	7.2	29.8	5.06	7.3	27.3	4.9	7.23
	4	26.9	4.85	7.58	27.5	5.31	7.72	30.4	3.6	7.66	30	4.6	7.5	27.8	4.8	7.32
	5	26.8	4.98	7.45	27.6	5.53	7.93	30.1	5.23	7.69	28.9	4	7.6	28.1	4.9	7.52
	Promedio	27.12	4.642	7.352	27.6	4.714	7.72	30.08	4.528	7.572	29.46	4.672	7.32	27.96	4.8	7.446
2	1	27.6	4.56	7.56	27.7	3.61	7.63	29.5	4.6	7.66	28	2.3	7.4	27.9	4.8	6.91
	2	27.8	4.12	7.49	28	4.07	7.66	28.6	4.9	7.3	29.5	4.5	7.6	28.1	4.3	7.2
	3	27.6	4.08	7.54	28.1	3.51	7.61	27.9	3.6	7.5	28.4	3.5	7.8	29.3	4.7	7.3
	4	26.8	4.05	7.12	27	1.03	7.48	27	5	7.8	28.9	4.2	7.4	28.7	4.6	7.45
	5	27.1	4.58	7.67	27.5	4.07	7.7	26.5	4.8	7.4	27.5	3.9	7.5	28.3	4.8	7.56
	Promedio	27.38	4.278	7.476	27.66	3.258	7.616	27.9	4.58	7.532	28.46	3.68	7.54	28.46	4.64	7.284
3	1	27.4	4.51	7.01	27.50	4.10	6.30	28.9	5.6	7.2	28.9	3.5	6.8	29.1	4.8	7.3
	2	28.1	4.23	7.36	27.50	7.46	7.40	28.6	4.7	7	27.5	3.6	6.7	28.7	4.5	7.29
	3	28	4.74	7.21	27.70	1.06	7.53	29.8	5.9	7.3	28	4.06	6.8	28.6	4.6	7.51
	4	27.8	4.15	7.52	28.00	2.95	7.58	29.7	4.6	7.5	29.8	5.3	7.2	28.1	5.1	7.35
	5	27.6	3.98	7.23	27.70	3.03	7.58	28.9	3.5	7.2	28.6	4.35	7.5	27.9	4.8	7.45
	Promedio	27.78	4.322	7.266	27.68	3.72	7.278	29.18	4.86	7.24	28.56	4.162	7	28.48	4.76	7.38

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04:

Registro de los valores de los parámetros físico químicos del agua de incubación de los huevos embrionados de *Oreochromis niloticus* tilapia gris, sin recambio de agua – II Ensayo.

Día	TRAT.	REP.	O2	t°c	pH	Día	TRAT.	REPLICA	O2	t°c	pH
1	1	1	6.57	23.8	7.8	2	1	1	5.15	29.7	7.62
(Mañana)		2	6.6	23.9	7.89	(Mañana)		2	5.1	27.4	7.53
		3	6.17	23.8	7.9			3	5.29	27.3	7.42
		4	5.64	23.8	7.9			4	4.12	27.1	7.56
		5	6.41	23.8	7.9			5	4.57	27	7.62
		Promedio	6.278	23.82	7.878			Promedio	4.846	27.7	7.55
	2	1	6.13	23.8	7.9		2	1	3.38	26.9	7.51
		2	6.57	23.7	7.89			2	3.98	26.7	7.53
		3	6.57	23.5	7.9			3	4.97	26.7	7.68
		4	6.31	23.7	7.88			4	3.88	26.6	7.72
		5	5.77	23.7	7.9			5	4.73	26.6	7.69
		Promedio	6.27	23.68	7.894			Promedio	4.188	26.7	7.626
	3	1	6.32	23.7	7.9		3	1	3.35	27.5	7.7
		2	5.73	23.7	7.88			2	3.42	27.2	7.65
		3	5.38	23.7	7.88			3	3.57	26.7	7.81
		4	6.08	23.7	7.88			4	3.45	26.4	7.54
		5	5.97	23.7	7.86			5	3.67	26.4	7.35
		Promedio	5.896	23.7	7.88			Promedio	3.492	26.84	7.61
TARDE	1	1	5.13	30	7.29	Tarde	1	1	4.56	27.5	7.65
		2	5.4	30.1	7.54			2	4.89	28.2	7.65
		3	5.46	30.2	7.65			3	5.1	28.3	7.71
		4	5.05	30.3	7.65			4	4.65	27.9	7.73
		5	5.3	30.2	7.58			5	3.65	28.8	7.58
		Promedio	5.268	30.16	7.54			Promedio	4.57	28.14	7.664
	2	1	5.41	30.1	7.42		2	1	5.32	28.9	7.59
		2	5.35	30.2	7.30			2	5.12	28.5	7.54
		3	4.64	30.4	7.53			3	5.65	29.1	7.65
		4	5.22	30.4	7.54			4	5.32	29.3	7.75
		5	5.06	30.1	7.65			5	5.45	29.4	7.78
		Promedio	5.136	30.24	7.49			Promedio	5.372	29.04	7.662
	3	1	5.1	30	7.56		3	1	5.2	29.5	7.65
		2	5.28	30.1	7.25			2	5.45	29.6	7.81
		3	5.24	30.2	7.35			3	5.32	29.8	7.82
		4	5.29	30.2	7.43			4	4.89	29.7	7.65
		5	4.98	30.2	7.24			5	5.29	29.8	7.68
		Promedio	5.178	30.14	7.37			Promedio	5.23	29.68	7.722

Fuente: Elaboración propia

Continuación del Anexo 4…

Día	TRAT.	REP.	O2	t°c	pH	FECHA	TRAT.	REP.	O2	t°c	pH
3	1	1	5.32	28.5	7.23	4	1	1	4.98	27.6	6.91
(Mañana)		2	4.63	27.9	7.52	(Mañana)		2	4.65	28.2	7.50
		3	4.21	28	7.45			3	5.32	27.3	7.32
		4	4.85	27.1	7.86			4	5.75	28.9	7.25
		5	4.32	26.9	7.32			5	4.97	28.6	7.65
		Promedio	4.666	27.68	7.476			Promedio	5.134	28.12	7.326
	2	1	4.56	27.8	7.23		2	1	3.65	28.1	7.24
		2	4.32	27.4	7.12			2	4.32	27.8	7.65
		3	4.85	27.4	7.10			3	5.48	27.6	7.94
		4	4.71	27.6	7.15			4	4.95	27.6	7.12
		5	3.98	27.4	7.65			5	4.97	27.8	7.36
		Promedio	4.484	27.52	7.25			Promedio	4.674	27.78	7.462
	3	1	4.56	28.4	7.89		3	1	3.98	28.1	7.28
		2	4.11	28.3	7.24			2	4.21	29.2	7.34
		3	5.32	27.1	7.36			3	5.18	29.1	7.16
		4	4.89	28.4	7.37			4	5.42	28.4	7.61
		5	3.42	28.6	7.58			5	4.75	29.7	7.43
		Promedio	4.46	28.16	7.488			Promedio	4.708	28.9	7.364
3 TARDE	1	1	4.57	29.7	7.66	4	1	1	4.69	28.7	7.13
		2	3.37	30.3	7.6	TARDE		2	4.75	28.3	7.29
		3	3.41	30.5	7.61			3	3.84	28.6	7.24
		4	3.7	30.2	7.65			4	5.12	28.8	7.65
		5	4.1	30	7.69			5	4.98	27.9	7.45
		Promedio	3.83	30.14	7.642			Promedio	4.676	28.46	7.352
	2	1	3.19	29.5	7.57		2	1	4.68	29.3	7.21
		2	2.43	31.6	7.55			2	4.89	28.4	7.52
		3	2.62	31.8	7.64			3	4.85	29.5	7.14
		4	3.1	30.6	7.65			4	4.78	29.8	7.65
		5	4.05	29.8	7.59			5	4.63	30.2	7.36
		Promedio	3.078	30.66	7.6			Promedio	4.766	29.44	7.376
	3	1	2.55	29.9	7.47		3	1	5.45	30.4	7.21
		2	3.29	30.9	7.55			2	5.63	29.6	7.54
		3	2.9	31.1	7.62			3	4.58	28.9	7.62
		4	3.14	30.4	7.58			4	4.76	28.7	7.35
		5	3.01	29.9	7.62			5	4.86	29.6	7.21
		Promedio	2.978	30.44	7.568			Promedio	5.056	29.44	7.386

Fuente: Elaboración propia