

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

**Escuela de Posgrado**

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**EVALUACIÓN DEL GASTO DE AGUA EN DOS SISTEMAS DE INCUBACIÓN  
ARTIFICIAL, SOBRE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA DE INCUBACIÓN,  
EN LA PRODUCCIÓN DE LARVAS *Oreochromis niloticus*,  
TILAPIA GRIS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**M.Sc. EHRLICH YAM LLASACA CALIZAYA**

**Para optar el Grado Académico de  
DOCTOR EN CIENCIAS AMBIENTALES**

**TACNA – PERÚ**

**2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN**

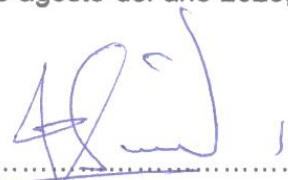
Escuela de Posgrado

**DOCTORADO EN CIENCIAS AMBIENTALES**

EVALUACIÓN DEL GASTO DE AGUA EN DOS SISTEMAS DE INCUBACIÓN  
ARTIFICIAL, SOBRE LOS ÍNDICES DE EFICIENCIA DE INCUBACIÓN,  
EN LA PRODUCCIÓN DE LARVAS *Oreochromis niloticus*,  
TILAPIA GRIS

Tesis sustentada y aprobada el viernes 18 de agosto del año 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE :

  
.....  
Dr. Lorenzo Walter Ibárcena Fernández

SECRETARIO :

  
.....  
Dr. Edilberto Pablo Mamani López

MIEMBRO :

  
.....  
Dr. Eduardo Luis Flores Quispe

ASESOR :

  
.....  
Dr. Eduardo Luis Flores Quispe

## CONSTANCIA

El suscrito, hace constar que el egresado del Doctorado en ciencias ambientales de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann:

**Don EHRlich YAM LLASACA CALIZAYA**

Ha concluido la tesis denominado: Evaluación del gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* tilapia gris, la que reúne los requisitos de forma y de fondo, exigidos por la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann de Tacna. En consecuencia, se encuentra apta para su revisión.

Así mismo, se adjunta la Constancia de similaridad Turnitin, según el procedimiento establecido en el art. 12° inc. E, 13°, 14°, 15°, 16° y 19° de la RR 8464-2021-UNJBG (Resultado: Porcentaje de similaridad baja permitida de 8%).

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.



Dr. Eduardo Luis Flores Quispe

## **AGRADECIMIENTO**

Este trabajo de investigación no hubiera sido posible sin el apoyo de mi madre, familia, amigos y personas que me brindaron su incondicional ayuda.

A todos ellos(as), un agradecimiento infinito.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a todos los que están involucrados en promover y fortalecer la investigación como base del desarrollo del país y del sector.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xii
RESUMO.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.2.1. Problema principal .....	4
1.2.2. Problema secundario .....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
1.4.1. Objetivo general .....	7
1.4.2. Objetivos específicos .....	7
1.5. HIPÓTESIS .....	7
1.5.1. Hipótesis general .....	7
1.5.2. Hipótesis específicas .....	7
1.6. VARIABLES.....	8
1.6.1. Identificación de variables .....	8
1.6.2. Caracterización de las variables .....	8
1.6.3. Definición operacional de las variables indicadores e índices.....	8
1.7. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	10

2.1.	ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	12
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	14
2.2.1.	Oxígeno (O <sub>2</sub> ).....	14
2.2.2.	Temperatura.....	14
2.2.3.	Eclosión.....	15
2.2.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	15
2.3.1.	Tasa de eclosión.....	15
2.3.2.	Mortalidad.....	16
2.3.3.	Tasa de sobrevivencia.....	16
2.3.4.	Densidad de incubación.....	16
2.3.5.	Larva.....	16
2.3.6.	Euritérmica.....	16
2.3.7.	Viabilidad larvaria.....	16
2.3.8.	Incubación artificial.....	17
2.4.	MARCO FILOSÓFICO.....	17
	 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	 19
3.1.	CARACTERIZACIÓN O TIPO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.2.	POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO.....	19
3.2.1.	Criterio de inclusión en machos y hembras:.....	19
3.2.2.	Criterio de inclusión y exclusión de embriones:.....	19
3.2.3.	Densidad de incubación de embriones:.....	19
3.3.	TRATAMIENTO DE DATOS.....	20
3.4.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	20
3.5.	CONTROLES DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS.....	20
3.5.1.	Parámetros físicos.....	20
3.5.2.	Parámetros químicos.....	21
3.6.	SELECCIÓN DE EMBRIONES DE TILAPIA GRIS.....	22
3.7.	SISTEMAS DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL.....	23

3.7.1. Sistema de abastecimiento de agua para las incubadoras .....	23
3.7.2. Sistema de incubación mediante bandejas horizontales.....	24
3.7.3. Sistema de incubación artesanal mediante incubadoras verticales en sistema de recirculación de agua .....	25
3.7.4. Gasto de agua en los sistemas de incubación .....	26
CAPÍTULO IV: RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
4.1. Objetivo específico 1: Comparar el gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial. ....	27
4.2. Objetivo específico 2: Evaluar la tasa de eclosión de embriones de tilapia gris. ....	28
4.3. Objetivo específico 3: Evaluar la tasa de mortalidad de embriones de tilapia gris .....	31
DISCUSIÓN .....	33
CONCLUSIONES .....	37
RECOMENDACIONES .....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS .....	46



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Indicadores e índices del experimento .....	8
Tabla 2. Valores de los parámetros físico – químicos, del agua .....	22

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Valores de temperatura (°C) del agua, del sistema de incubación artificial en bandejas horizontales – tratamiento 1.....	21
Figura 2. Valores de temperatura (°C) del agua, del sistema de incubación artificial en incubadoras horizontales – tratamiento 2.....	21
Figura 3. Selección de reproductores con embriones estadio II .....	23
Figura 4. Sistema de abastecimiento de agua a las incubadoras, en el laboratorio de incubación .....	24
Figura 5. Incubadora horizontal para embriones de tilapia .....	24
Figura 6. Sistema de incubación artesanal con recirculación de agua.....	26
Figura 7. Estadísticos descriptivos de la prueba T, para muestras independientes. ....	28
Figura 8. Valores medios de gráfica de cajas de las medias para el gasto de agua en los dos sistemas de incubación. ....	28
Figura 9. Estadísticos descriptivos para la prueba T – student para los porcentajes de sobrevivencia .....	30
Figura 10. Valores medios de gráficos de cajas de las medias para las tasas de eclosión, en los dos sistemas de incubación.....	30
Figura 11. Estadísticos descriptivos para la prueba T – student para los porcentajes de mortalidad .....	32
Figura 12. Valores medios de gráficos de cajas para las medias para las tasas de mortalidad, en los dos sistemas de incubación.....	32

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó debido a la preocupación que se tiene actualmente en relación al uso eficiente del recurso acuático en el proceso de producción de larvas de *Oreochromis niloticus* tilapia gris, considerando que la acuicultura es una actividad de seguridad alimentaria y desarrollo económico. Se evaluó dos sistemas de incubación de embriones de tilapia gris, del plantel de reproductores del módulo piscícola la Balsa (Cajamarca) y del parque ecológico de la Municipalidad Distrital de Pacocha, (Ilo -Moquegua). Se comparó dos tratamientos de incubación: Tratamiento 1 (T1) - sistema de incubación de bandejas horizontales con flujo de agua abierto y tratamiento 2 (T2) sistema rústico de recirculación de agua a base de botellas PET cónicas (incubadoras), teniendo 6 réplicas por cada tratamiento y 2000 embriones por réplica. Se trabajó con un caudal promedio de 16,02 ml seg<sup>-1</sup> y 2,16 ml seg<sup>-1</sup>, para los T1 y T2, respectivamente. Se registraron valores promedios de temperatura: 25,26 °C; pH: 7,67 upH; conductividad eléctrica: 0,93 mS/cm; oxígeno disuelto: 6,23 ppm; amonio 0,01 ppm. Los resultados demostraron que para el gasto de agua existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) y para las tasas de sobrevivencia y mortalidad no existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ). Con lo cual, concluimos que se puede usar el sistema de recirculación de agua para incubar huevos embrionados de tilapia nilótica, optimizando el uso de agua sin afectar los parámetros productivos para la producción de larvas de tilapia nilótica.

Palabras claves: Tasa de sobrevivencia, incubación de embriones, producción de larvas.

## ABSTRACT

This research work was carried out due to the current concern regarding the efficient use of aquatic resources in the production process of gray tilapia *Oreochromis niloticus* larvae, considering that aquaculture is an activity of food security and economic development. Two gray tilapia embryo incubation systems were evaluated, from the breeding stock of the La Balsa fish farm (Cajamarca) and from the ecological park of the District Municipality of Pacocha, (Ilo -Moquegua). Two incubation treatments were compared: treatment 1 (T1) - incubation system of horizontal trays with open water flow and treatment 2 (T2) rustic system of recirculating water based on conical PET bottles (incubators), having 6 replicates per each treatment and 2000 embryos per replicate. We worked with an average flow of 16.02 ml sec<sup>-1</sup> and 2,16 ml sec<sup>-1</sup>, for T1 and T2, respectively. Average temperature values were recorded: 25,26 °C; pH: 7,67 pH; electrical conductivity: 0,93 mS/cm; dissolved oxygen: 6,23 ppm; ammonium 0,01 ppm. The results showed that for water consumption there is a significant difference between the treatments ( $p < 0,05$ ) and for the survival and mortality rates there is no significant difference between the treatments ( $p > 0,05$ ). With which, we conclude that the water recirculation system can be used to incubate embryonated eggs of nilotic tilapia, optimizing the use of water without affecting the productive parameters for the production of nilotic tilapia larvae.

Key words: survival rate, embryo incubation, larval production.

## RESUMO

Este trabalho de pesquisa foi realizado devido à preocupação atual com o uso eficiente dos recursos aquáticos no processo de produção de larvas de tilápia cinza *Oreochromis niloticus*, considerando que a aquicultura é uma atividade de segurança alimentar e desenvolvimento econômico. Foram avaliados dois sistemas de incubação de embriões de tilápia cinza, provenientes do plantel do módulo de piscicultura La Balsa (Cajamarca) e do parque ecológico do Município Distrital de Pacocha, (Ilo -Moquegua). Foram comparados dois tratamentos de incubação: tratamento 1 (T1) - sistema de incubação em bandeja horizontal com fluxo de água aberto e tratamento 2 (T2) sistema rústico de recirculação de água baseado em garrafas PET cônicas (incubadoras), possuindo 6 repetições por cada tratamento e 2.000 embriões por repetição. Trabalhamos com vazão média de 16,02 ml seg<sup>-1</sup> e 2,16 ml seg<sup>-1</sup>, para T1 e T2, respectivamente. Foram registrados valores médios de temperatura: 25,26 °C; pH: 7,67uH; condutividade elétrica: 0,93 mS/cm; oxigênio dissolvido: 6,23 ppm; amônio 0,01 ppm. Os resultados mostraram que para o consumo de água há diferença significativa entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ) e para as taxas de sobrevivência e mortalidade não há diferença significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Portanto, concluímos que o sistema de recirculação de água pode ser utilizado para incubar ovos embrionados de tilápia nilótica, otimizando o uso da água sem afetar os parâmetros produtivos para produção de larvas de tilápia nilótica.

Palavras-chave: taxa de sobrevivência, incubação de embriões, produção larval.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura en los últimos años se ha posicionado como una de las actividades productivas que garantizan la sostenibilidad de diferentes sectores productivos, generando impactos tanto sociales como económicos a nivel local, nacional e internacional, aportando proteína de buena calidad. En el Perú la acuicultura en los últimos años ha sido declarado por el gobierno como un tema de interés nacional, fomentando dicha actividad con el otorgamiento de diferentes fuentes de financiamiento para el fortalecimiento de dicha actividad socio – económica, donde se tienen reportes que dicha actividad proviene de culturas ancestrales.

En la zona costera del sur del Perú, el desarrollo de la actividad acuícola no ha tenido un desarrollo importante en los últimos años, porque no se ha podido diversificar dicha actividad con especies que hayan podido adecuar una tecnología de producción que esté acorde con las condiciones ambientales y que se encuentre al alcance de los productores rurales o nuevos productores. Así mismo, existe la posibilidad de desarrollar la tilapicultura adaptando tecnologías que permitan dar las condiciones para un desarrollo acuícola de la tilapia, pero no existe un laboratorio de producción de semilla de tilapia que abastezca de semilla o que exista una tecnología que permita al productor rural poder acceder a la implementación de su propio laboratorio de producción de semilla, por los costos elevados que resulta la actual tecnología existente. Por lo cual, el presente trabajo evalúa la implementación de un sistema de incubación que optimice el uso racional del agua y que sea accesible para el productor rural, manteniendo porcentajes productivos aceptables de producción de semillas de tilapia, para lo cual se comparó el sistema tradicional de producción de semilla de tilapia con otro sistema donde se reutiliza el agua en un sistema de incubación artificial de embriones, para evaluar qué sistema de incubación tiene mayor eficiencia en el uso racional del gasto del agua, como

una alternativa para obtener larvas con menor uso del recurso hídrico y al alcance de los nuevos productores rurales.

Los resultados obtenidos, demostraron la posibilidad de obtención de larvas de tilapia gris con menores volúmenes de recurso hídrico, producidos en incubación artificial, logrando obtener larvas viables, que puedan ser utilizadas en los siguientes estadios de vida.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La demanda existente de alevinos revertidos de *Oreochomis niloticus* “tilapia gris”, hace que se empleen sistemas de incubación artificial, que reemplazan la producción natural de semillas. Estos sistemas actualmente empleados en la incubación por las empresas que se dedican a proveer semillas, emplean sistemas de incubación artificial, por el cual utilizan el recurso agua de buena calidad, para su proceso de producción, en general con flujo de agua abierto, utilizando el recurso hídrico durante todo el día por el tiempo que dure el proceso de eclosión, por el cual se gasta importantes volúmenes de agua, en esta etapa de producción, por la necesidad de contar con excelente calidad de agua, que garanticen obtener índices de eficiencia de eclosión aceptables a nivel productivo – comercial.

El proceso productivo - comercial implica, que se obtenga los mayores porcentajes de eclosión, teniendo como consecuencia la elevación del número de huevos incubados por volumen de agua en el sistema de incubación tradicional con flujo abierto utilizando incubadoras. El aumentar el número de huevos incubados, afecta el proceso de oxigenación de los huevos, surgiendo la necesidad de aumentar el volumen de agua que pueda satisfacer la demanda de concentración de oxígeno mínimo, necesario por unidad de huevo incubado, siendo la relación directamente proporcional la producción de semilla con la respectiva demanda del recurso hídrico, para la incubación artificial.

El recurso agua, en el medio ambiente, cada día se ve afectado negativamente producto de la contaminación de las actividades antropogénicas, encontrándose de manera insuficiente y mucho más en zonas desérticas.



El impulso de la acuicultura continental en la zona sur, se ve afectada negativamente, por la falta de provisión de semillas que logren diversificar las actividades productivas, teniendo como consecuencia una nula actividad productiva de peces con proteína de buena calidad, en la zona costera sur del Perú, que garantice la seguridad alimentaria. Así también la diversificación de la acuicultura continental en zona costera, actualmente en la zona sur, no existe. Más aun considerando que no existe un laboratorio de provisión de semillas. Así también, la extracción de peces provenientes del ambiente marino, presentan bajas capturas, lo cual aumenta la demanda latente de semilla de peces de aguas continentales costeros que tengan como objetivo final, la acuicultura continental, para satisfacer el déficit de estas capturas, no existiendo laboratorios que provean semilla, con un sistema adecuado que optimicen del recurso hídrico y se obtenga la mayor cantidad de larvas eclosionadas por puesta, optimizando el manejo en la etapa de incubación.

Mejorar el manejo del recurso hídrico, en la etapa de incubación, trae como consecuencia aumentar la densidad de huevos confinados por incubadora y reducir el consumo de agua, lo que conlleva a una producción con el menor costo hídrico que se necesita en esta etapa productiva, que no ponga en riesgo los niveles de producción esperados de manera comercial, por lo descrito lamentablemente no existe un planteamiento productivo que permita mejorar los procesos productivos, que garanticen un manejo eficiente del gasto de agua dulce, recurso tan escaso en las zonas costeras y que empieza a escasear en otras zonas producto del cambio climático.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. Problema principal**

¿Cuál será el gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”?

### **1.2.2. Problema secundario**

¿El gasto de agua en dos sistemas de incubación influye sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

*Oreochromis niloticus* es el nombre de la especie del género *Oreochromis* muy difundida a nivel internacional de importancia comercial; la cual alberga cerca de 70 especies de la familia Cichlidae, las cuales poseen características adecuadas para su cultivo en diferentes zonas del mundo, lográndose adaptar a condiciones diferentes. Siendo originarios del África y del medio oriente, su producción mundial abarca a países de Centro América, Latino América, Asia, Estados unidos, Bélgica, entre otros países (Baltazar, 2000, Baltazar 2001).

En el Perú, la tilapicultura ha tenido un crecimiento importante en los últimos años en diferentes regiones del Perú. Esto debido a que es una especie que ha logrado adaptarse, desarrollarse y afianzarse como una fuente de buena calidad de proteína para abastecer el mercado nacional y como una alternativa para el aprovechamiento del recurso acuático continental en zonas costeras y algunos departamentos autorizados de la selva (Llasaca, 2006).

En la etapa temprana productiva, la reproducción es una actividad que requiere de un manejo adecuado para lograr mayores tasas de producción de huevos embrionados, los mismos que si se llevan de manera adecuada se puede maximizar la producción de huevos fertilizados (Suresh, 1999).

El manejo reproductivo en la tilapicultura, se basa en el retiro de los huevos fertilizados, embrionados, post larvas de tilapia y el adecuado manejo de los nuevos individuos hasta lograrlos en talla de semilla (3,0 cm. – 5,0 cm),

para lo cual se debe de realizar la extracción de los nuevos individuos de la boca del reproductor hembra, quien los mantiene en incubación bucal; obteniéndose mejores resultados productivos cuando se realiza dicha extracción (Camilo y Olivera, 2002). El objetivo de esta revisión es evaluar el sistema de incubación artificial, así como los tipos de bandejas para la incubación de ovas embrionadas de Tilapia como herramienta para resolver estas dificultades.

Durante el proceso de manejo de reproductores para obtener semilla de tilapia, se observa que al inicio cuando se confinan los reproductores en los estanques, al inicio se obtienen producciones sostenidas, pero a medida que pasa el tiempo el rendimiento de los estanques para producir semilla va disminuyendo progresivamente (Macintosh y Little, 1995).

Este tipo de comportamiento de los niveles de producción de semilla se debe a que el proceso de colecta de los individuos no es eficiente (quedando algunos individuos dentro del estanque de reproducción), no todas las hembras desovan sincronizadamente, no todos los machos tienen el mismo desempeño reproductivo para mantener volúmenes constantes de semen para mantener la capacidad de fertilización para las hembras que desovan posteriormente. Así también, la consecuencia de los desoves asincrónicos, hace que los estanques en el tiempo empiecen a sobre poblarse con individuos de diferentes tallas, los cuales van a competir por espacio y alimento, entre los alevines y con los reproductores, causándoles estrés y mayor gasto energético al macho para poder defender el lugar de puesta o reproducción, lo cual afecta negativamente en la cantidad de nuevos individuos a obtener.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar el gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris".

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Comparar el gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial.

Contrastar las tasas de eclosión en dos sistemas de incubación artificial.

Evaluar las tasas de mortalidad en dos sistemas de incubación artificial.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. Hipótesis general**

El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, influye sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris".

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, no influye sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris".

El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, sí influye sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* "tilapia gris".

## 1.6. VARIABLES

### 1.6.1. Identificación de variables

- a) Diferentes volúmenes de gasto de agua en incubación artificial.
- b) Índice de eficiencia en incubación, de huevos embrionados

### 1.6.2. Caracterización de las variables

#### Variable 1: Volumen de agua

##### Independiente (X).-

Diferentes volúmenes de gasto de agua.

##### Dependiente (Y).-

Índices de eficiencia en incubación.

##### Variable de interés

Obtención de larvas, en el índice de eficiencia de incubación

### 1.6.3. Definición operacional de las variables indicadores e índices

#### Tabla 1

*Indicadores e índices del experimento*

Indicadores	Dimensión	Indices
Gasto de agua	Caudal (volumen de agua utilizado)	Litros/min.
Eficiencia en Incubación	Tasa de eclosión (%)	$(N^{\circ} \text{ óvulos eclosionados} \times 100) / N^{\circ} \text{ óvulos fertilizados}$
	Tasa de mortalidad (%)	$(N^{\circ} \text{ óvulos no eclosionados} \times 100) / N^{\circ} \text{ óvulos fertilizados}$

## **1.7. DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Tipo de estudio:**

El presente trabajo de investigación obedece al contexto del descubrimiento por ser Aplicativa.

### **Nivel de investigación:**

Exploratorio e inferencial.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Stoskopf (1993), reporta que el cultivo de tilapia inició en el año de 1920 en África, siendo las especies de *Oreochromis aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus*, entre otras las que mayor cultivo han tenido. Así mismo, Fouz et al. (2002), reporta que *Oreochromis niloticus* es la especie que se cultiva con mayor porcentaje a diferencia de otras especies del mismo género, debido a su rusticidad, tolerancia a elevadas densidades, mejor crecimiento y tolerancia a enfermedades.

La recolección de huevos seguido por una incubación artificial, produce aumentos muy significativos en la producción de alevines. Ventajas adicionales de esta técnica es que permite un mayor control de la producción, que permite una estimación precisa de los números de alevines. Además, alevines producidos son de edad conocida y por lo tanto adecuado para la aplicación de tratamiento hormonal para la producción de monosexo alevines masculinos. Por lo cual, los beneficios prácticos y económicos de los sistemas de incubación artificial dependen de altas tasas de supervivencia durante la incubación y esto debe ser optimizado y estandarizado antes del establecimiento de los sistemas comerciales de producción (Mair et al., 1993).

Por lo cual, existe demanda de alevines (Little et al., 2003) y la producción de alevines en un sistema normal, es la colecta periódica de los estanques, de alevines que nadan libremente, mientras que los huevos no eclosionados y alevines con saco vitelino, se retiran de las hembras para la incubación artificial (Watanabe et al., 1992).

Así también, diversas especies marinas (*Graus nigra*, *Paralichthys microps*, *P. adspersus*, *Seriollla violacea*, *Seriola laladi*, *Cromileptes altivelis*, *Epinephelus tauvina*, *E. merra*, *E. fuscoguttatus*, *E. coioides*, *Plectropomus*

*leopardus*, *Lutjanus guttatus*, *L. sebae*, y *L. argentimaculatus*), reportan desoves en cautiverio, para después los huevos fecundados ser recolectados y dispuestos en incubadoras, para su incubación artificial (Wilson, 2009; Silva y Oliva, 2010; Sugama et al., 2004; Jagadis et al., 2007; Herrera-Ulloa et al., 2009 y Mathew, 2010).

La investigación está todavía en curso en especial para que sea más adaptable a las condiciones ambientales y para la manipulación de la producción de alevines y la demanda de suministro (Bhujel et al, 2001; Bhujel et al., 2007).

Así también, se ha experimentado en incubación artificial, el uso de vasos cónicos y mesas de sacudidas, para garantizar una alta tasa de eclosión y la supervivencia de los huevos y larvas con presencia de saco vitelino, de manera sostenible (Macintosh y Little, 1995). Posteriormente, se realizaron ensayos con métodos de recolección de huevos y el desarrollo de sistemas de incubación artificiales (Little, 1989; Macintosh y Little, 1995).

Así, la tecnología de la reproducción, ha sido un área de intensa investigación en especies de vida acuática, siendo los peces ampliamente estudiados, se realizaron en especies de agua dulce, especialmente en salmónidos (Chereguini et al., 1992).

Por lo cual, después de obtener buenos resultados, la tilapia se ha promovido entre las poblaciones rurales, con el fin de resolver el problema de la desnutrición proteica en las áreas rurales (Bhujel et al., 2008), como una alternativa para producir alimento nutritivo y suplir la demanda sostenida de alimento de buena fuente proteica. (Martinez y Velasquez 1998; Escobar et al., 2006; Pullin, 1988; Bhujel and Stewart, 2007).



## 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.

Los reportes indican que desde 1950 tanto la dirección general de caza y pesca adscrito al Ministerio de Fomento y Agricultura, introdujeron la *Tilapia rendalli* con el fin de ser utilizado como alimento forraje para el *Arapaima gigas* “paiche”. Posteriormente en la década de 1970, tanto la Universidad Nacional Agraria La Molina conjuntamente con el Instituto del mar del Perú (IMARPE), introdujeron 3 especies más de tilapia, siendo: *Oreochromis niloticus*, *oreochromis mossambica* y *oreochromis hormorum*, para realizar investigaciones y evaluar su potencialidad de cultivo en la selva del Perú (Ramos y Gálvez, 2000).

En el año 1996, ingresa un lote de *Oreochromis niloticus* tilapia gris al Perú, con fines de mantener el vigor genético existente, para evitar que pueda darse la endogamia y de manera complementaria ingresa un lote de *Oreochromis spp.*, procedente de Panamá, de la estación DIVISA (Baltazar, 2007).

*Oreochromis spp.* tilapia roja, fue introducida al departamento de ICA (PERÚ), por el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), 1999, quien viene promocionando el cultivo de esta especie en la costa sur del país. (Llasaca, 2006).

Trabajos realizados en el Centro de Acuicultura de Tambo de Mora, con la técnica de incubación artificial de ovas embrionadas de *Oreochromis sp.* a una concentración de oxígeno de 3,0 ppm., aproximadamente, ha reportado valores superiores a 85,00 %, de tasa de eclosión y sobrevivencia. Dicha técnica, consistió en colectar los huevos de la boca de las hembras, trasladándolas al hatchery en bandejas rectangulares de incubación, en donde termina su proceso de desarrollo embrionario y reabsorben el saco vitelino, manteniéndolos con flujos continuos de agua y a una temperatura de 28,0 °C, en bandejas de fibra de vidrio (Baltazar et al., 2003; Llasaca, 2006).

Así mismo, la tilapia gris tiene características biológicas que le permite adaptarse con mayor facilidad a lugares no originarios (diferentes zonas climáticas), siendo una especie de mucha rusticidad pudiendo resistir rangos amplios de temperatura (12,0 °C hasta 42,0 °C de temperatura del agua). Así mismo, presenta tolerancia a niveles bajos de concentración de oxígeno a diferencia de otras especies demandadoras de concentración de oxígeno disuelto en el agua, esto debido a la capacidad que tiene de retener niveles de oxígeno en el torrente sanguíneo (saturarse). Otra de las características de su rusticidad es la capacidad de reducir su tasa metabólica de oxígeno a bajas temperaturas de agua y cuando el oxígeno disuelto es de 3,00 ppm., llegando a reducir su metabolismo y presenta un comportamiento de anaerobio, cuando la concentración de oxígeno es inferior a 3,0 ppm. (Aguilera y Noriega, 1985).

Estudios realizados en procesos productivos, refieren que la producción de millones de alevinos es casi imposible utilizando el método existente convencional. Por lo tanto, se tiene reportes de bajo número de huevos producidos (unos 1 000 por desove), reportando que el desove asincrónico es un obstáculo para la producción de alevines de masas. Por lo tanto, la producción de gran cantidad suficientemente de semillas de buena calidad es un gran desafío (Little 1998; Bhujel et al, 2000). Sin embargo, Mair et al (1993), reporta aumento en las producciones bajo la modalidad de incubación, del 24,0 %, más de los desoves, en comparación con la incubación natural.

Así también, Lu y Takeuchi (2004), realizaron experimentos, en incubación y los valores de supervivencia presentaron rangos entre 34,0 y 99,8 %, con una media que alcanzó un valor de 85,8 %.

## **2.2. BASES TEÓRICAS.**

### **2.2.1. Oxígeno (O<sub>2</sub>)**

La obtención de O<sub>2</sub> puede verse afectado por la temperatura, para especies de aguas templadas, lo cual puede afectar en la tasa metabólica y por lo tanto en la demanda del oxígeno disuelto en el agua, afectando el requerimiento de oxígeno en el organismo. Así mismo, la temperatura tiene una relación inversamente proporcional con la concentración del oxígeno disuelto en el agua del cultivo, teniendo los peces que aumentar su tasa metabólica al tener que ingresar más agua a su organismo a través de las branquias, aumentando la frecuencia de abertura y cerrado de los opérculos, para satisfacer su demanda de oxígeno. Por lo tanto, al haber menor concentración de oxígeno disuelto, la afinidad que existe entre la hemocianina frente al oxígeno, se ve afectado negativamente, teniendo como resultado el aumento de la provisión de oxígeno en el sistema circulatorio de los peces (Sastre et al., 2004).

### **2.2.2. Temperatura**

La temperatura de un medio acuático obedece a una relación inversamente proporcional en relación a la concentración del oxígeno disuelto, existiendo un incremento en el consumo de oxígeno por parte del organismo, cuando se eleva la temperatura del medio acuático, existiendo una real importancia para las poblaciones de organismos acuáticos (peces), por cuanto dependen de la presencia de oxígeno disuelto en el medio acuático, que permita suplir sus necesidades metabólicas y mantener un equilibrio fisiológico, tanto para los organismos cultivados como para los que sostienen las pesquerías de organismos no solo de importancia económica sino para mantener los ecosistemas en constante equilibrio (Saint, 1985).

La temperatura acelera o retarda los procesos metabólicos en teleosteos; muy bajas o altas temperaturas podrían desnaturalizar proteínas y/o inactivar enzimas, alterando los procesos ontogénicos normales, generando

malformaciones y hasta la muerte de oocitos y embriones en distintos grados de desarrollo (Kamler et al. 1998).

### **2.2.3. Eclosión.**

Disminuir el tiempo en que se presenta la eclosión es relevante en la producción masiva de larvas, pues se optimiza el uso de las instalaciones, además de reducir el tiempo de exposición de ovocitos y embriones a posibles condiciones adversas que pudieran presentarse en el agua durante el proceso de incubación (presencia de hongos, bacterias, micro organismos (Junqueira, 1999).

La eclosión no está íntimamente relacionada con un estadio de desarrollo determinado, y puede ser afectada por factores tales como temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, pH, entre otros (Czerkies et al. 2001).

El disminuir el tiempo del proceso de incubación puede ser adecuado en la producción masiva de larvas, siempre y cuando se analicen factores, tales como su relación con la longitud y peso de las larvas al eclosionar y la eficiencia de utilización del vitelo, pues eclosiones tempranas pueden generar larvas pequeñas y poco desarrolladas, susceptibles de enfermedades y predación. Lo recomendado es establecer la temperatura óptima de incubación, teniendo presente la mortalidad y vitalidad de los embriones al eclosionar (Clavijo-Ayala y Arias-Castellanos, 2004).

## **2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.**

### **2.3.1. Tasa de eclosión.**

Es la cantidad estimada de alevines nadando, que después de un tiempo de permanecer en incubadoras, han roto la membrana plasmática (Prieto y Olivera, 2002).

### **2.3.2. Mortalidad.**

Es el número de individuos, que dejaron de existir por causas naturales o artificiales (provocadas), en cualquiera de sus estadios de desarrollo biológico (Baltazar, 2006).

### **2.3.3. Tasa de sobrevivencia.**

Es la relación que existe entre el número de organismos, que han logrado vivir y los que han muerto, comparándolos al 100 por ciento, en cada etapa de su desarrollo biológico (Alcántara, 2002).

### **2.3.4. Densidad de incubación.**

Es el peso o número de huevos por volumen de agua, que se encuentran incubadas, en un área o volumen determinado (Aguilera y Noriega 1985).

### **2.3.5. Larva.**

Período que comprende desde la eclosión hasta la finalización de la nutrición a expensas del vitelo (endógena) y el inicio de la alimentación exógena (Valbuena y Rurales, 2013).

### **2.3.6. Euritérmica**

Cuando un organismo es capaz de soportar grandes diferencias de temperatura. (Aguilera y Noriega, 1985).

### **2.3.7. Viabilidad larvaria**

Es la capacidad probable que el ovocito tenga resultados favorables de la interacción de diferentes componentes relacionados entre las propiedades que el ovocito adquiere, durante su formación (kjorsvik et al., 1990).

### **2.3.8. Incubación artificial**

La incubación artificial, es el acto por el que los huevos de los animales se incuban (almacenan), en recipientes y/o incubadoras de material sintético, dándoles todas las condiciones físico – químicas, para que se puedan desarrollar los embriones (Macintosh y Little, 1995).

## **2.4 MARCO FILOSÓFICO**

Desde inicios de la existencia el agua ha sido una fuente de origen de la vida, siendo Tales de Mileto quien sustentó que “el agua es el principio de todas las cosas que existen”. Describiendo de esta manera su concepción del surgimiento de la vida, siendo los griegos quienes lo describían como “arjé”, postulando quizás una de las primeras teorías del occidente, en relación al mundo físico. Siendo Aristóteles quien concebía que lo descrito por Tales de Mileto estaba relacionado a que tanto los alimentos de todas las cosas, así como las semillas, contenían en su interior agua y que el agua es el principio de toda naturaleza existente. Siendo Tales de Mileto el primero en concebir esta idea.

Así como está descrito en la recopilación de los trabajos de Plutarco “Moralia”, describe que las cosas surgen y terminan en el agua. Con el cambio climático, la escasez del agua se torna en un problema a nivel mundial, más aún en lugares o zonas desérticas como la costa sur del Perú, siendo esto considerado por el Consejo Mundial del Agua, quien organizó el 8° Foro Mundial del Agua realizado del 18 al 23 de Marzo del 2018, teniendo como línea de trabajo el promover una concientización firme y compromisos políticos de los estados participantes sobre la problemática del agua en todas sus formas, con la finalidad de poner al alcance los diferentes mecanismos para garantizar una gestión integral y administración eficiente y sostenida del uso del agua, para beneficio integral de todos los seres vivos en la tierra, expresado en la manifestación del foro junior, en el foro Mundial del agua, arribaron a los

acuerdos: A) Redefinir el valor del agua más allá de su comercialización económica para reconocer su patrimonio cultural, su valor medicinal, tradicional y social. B) Aumentar las oportunidades de financiamiento para apoyar iniciativas de liderazgo juvenil para proyectos de ciencia y tecnología. C) La importancia de la cooperación. Los cuales han sido como resultado de debates, en marco del 8° Foro Mundial del agua. Todo esto en miras de la problemática de la escasez del agua a nivel mundial.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. CARACTERIZACIÓN O TIPO DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Experimental.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

La población de embriones que se utilizó fue de los reproductores existentes en tanque de cemento del parque ecológico de la Municipalidad Distrital de Pacocha, Provincia de Ilo, departamento de Moquegua y también de los reproductores del módulo piscícola la balsa, de la Dirección Regional de la Producción Cajamarca, ubicado en el Centro Poblado Puerto Internacional de la Balsa, Distrito de Namballe, Provincia San Ignacio, Departamento Cajamarca.

##### **3.2.1 Criterio de inclusión en machos y hembras:**

Se seleccionó a los reproductores machos y hembras que tuvieran entre 25 cm – 30 cm de longitud total y 250 g – 350 g aproximadamente.

##### **3.2.2 Criterio de inclusión y exclusión de embriones:**

Para la incubación de los embriones, se siguió las recomendaciones de Gonzales (2019), quien recomienda que, para el proceso de incubación artificial, se debe de considerar los embriones que presentan los puntos en los huevos (Estadio de desarrollo embrionario II).

##### **3.2.3 Densidad de incubación de embriones:**

Se utilizaron 2000 embriones en cada repetición, en estadio II de desarrollo embrionario, tanto para el sistema de incubación en bandejas, como para las incubadoras cónicas de botellas PET.



### **3.3. TRATAMIENTO DE DATOS**

Para el tratamiento de datos, se utilizó el modelo estadístico de t de student para comparar el gasto de agua entre los dos sistemas de incubación artificial, a un nivel de confianza del 95 % y la prueba de comparación de medias, para determinar el tratamiento que difiriere. Así mismo. Se utilizó un diseño factorial de: 1 x 2 x 6, es decir: 1 variable de estudio; 2 tratamientos y 6 repeticiones (R1, R2, R3, R4, R5 y R6).

### **3.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

El trabajo de investigación se realizó en dos lugares: 5 réplicas del sistema de incubación vertical (incubadoras de botellas PET), fueron realizados en las instalaciones del parque ecológico, implementando un sistema de recirculación básico; que constaba de una bomba sumergible de 2 m<sup>3</sup> hora<sup>-1</sup> de caudal, con filtro de esponja de espuma con carbón activado, el cual enviaba agua hacia un circuito de incubadoras verticales, confeccionadas de botellas descartables de forma cónica, que tenía un tubo por donde fluía agua para que dé el movimiento a los embriones de tilapia gris y una réplica en el módulo piscícola la Balsa (Jaen - Cajamarca).

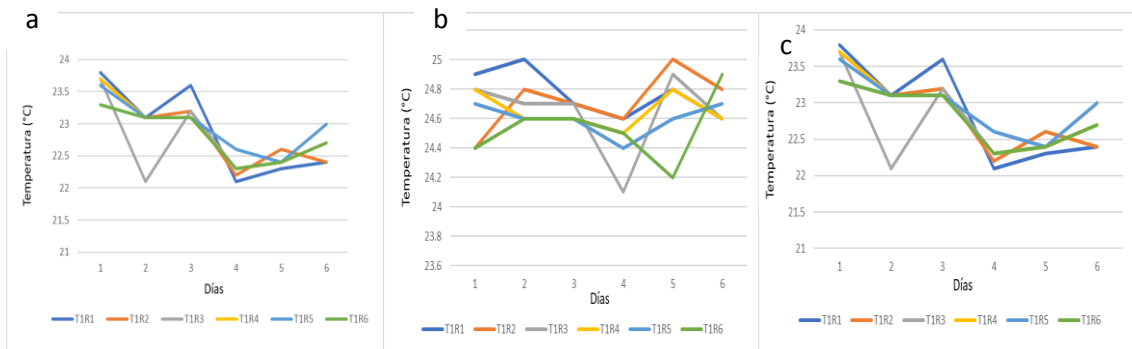
### **3.5. CONTROLES DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS**

#### **3.5.1 Parámetros físicos**

Temperatura del agua de incubación: Se registraron los valores de temperatura del agua (Anexo 01), obteniéndose los siguientes registros durante el tiempo de incubación hasta la eclosión de las larvas de tilapia, para los dos sistemas de incubación artificial: Tratamiento 1: Sistema de incubación tradicional en bandejas horizontales y Tratamiento 2: Sistema de incubación vertical, según la figura 1 y 2.

## Figura 1

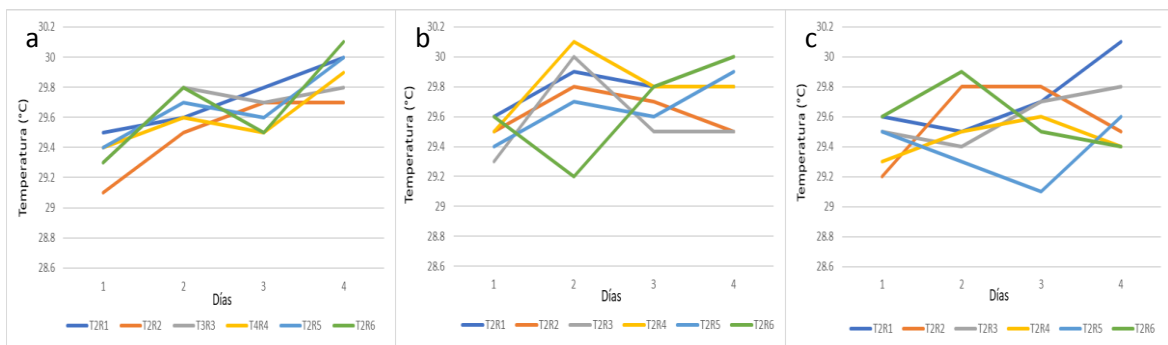
Valores de temperatura (°C) del agua, del sistema de incubación artificial en bandejas horizontales – tratamiento 1



Nota: valores de temperatura del agua: a) 8:00 horas; b) 14 horas; c) 19 horas.

## Figura 2

Valores de temperatura (°C) del agua, del sistema de incubación artificial en incubadoras horizontales – tratamiento 2



Nota: valores de temperatura del agua: a) 8:00 horas; b) 14 horas; c) 19 horas

### 3.5.2 Parámetros químicos

Se registraron los valores de los parámetros de calidad de agua del río Osmore y del río Canchis que discurre por la quebrada el mango ubicado en el centro poblado puerto internacional de la balsa, distrito de Namballe, Provincia San Ignacio, Departamento de Cajamarca, siendo registrados los valores de oxígeno disuelto ( $O_2$ ), potencial de hidrógeno (pH), Dureza ( $CaCO_3$ ), conductividad eléctrica (mS/cm), Amonio, según los valores promedios, como se indica en la tabla 2.

**Tabla 2***Valores de los parámetros físico – químicos, del agua*

<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Conductividad eléctrica	0,93	mS/cm
<b>pH</b>	7,67	upH
Oxígeno disuelto	6,23	ppm
Amonio	0,01	ppm
Dureza (Ilo)	650	ppm
Dureza (Namballe)	250	ppm
<b>Metales totales</b>	<b>Límite de detección</b>	<b>Resultados</b>
Arsénico (As)	0,0005 mg/l	0,007 mg/l
Boro (B)	0,01 mg/l	1,29 mg/l
Cadmio (Cd)	0,00005 mg/l	< 0,00005 mg/l
Litio (Li)	0,00025 mg/l	0,11659 mg/l
Mercurio (Hg)	0,00005 mg/l	< 0,00005 mg/l
Silicio (Si)	0,01 mg/l	19,2 mg/l
Sodio (Na)	0,01 mg/l	171,0 mg/l
Zinc (Zn)	0,0005 mg/l	0,0054 mg/l

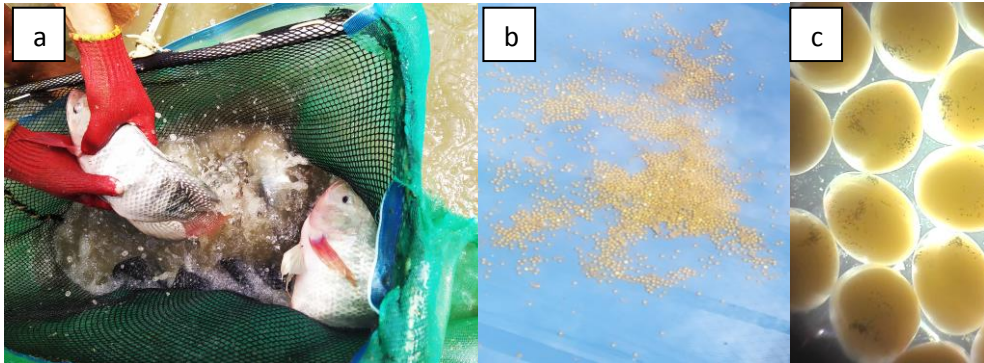
**Nota:** Resultados del análisis de calidad de agua, incluyendo metales presentes. Los valores de otros metales pesados se encuentran en el anexo 5.

### 3.6. SELECCIÓN DE EMBRIONES DE TILAPIA GRIS

Para la selección de embriones, se realizó la extracción de los embriones que se encontraban en incubación bucal del reproductor hembra. Procediendo a la identificación del estadio de desarrollo embrionario al momento cuando se abrió la boca y se colectaba individualmente en bandejas para el conteo del número de embriones requeridos. Se juntaron los embriones de varias hembras y se realizó una homogenización, para posteriormente confinar 2000 embriones para cada unidad experimental, para los diferentes tratamientos (figura 3).

### Figura 3

#### *Selección de reproductores con embriones estadio II*



*Nota:* a) Se observa a ejemplares reproductores hembras de tilapia gris, siendo seleccionados, según el estadio de embriones presente en la cavidad bucal b) embriones seleccionados c) embriones seleccionados en estadio II.

### 3.7. SISTEMAS DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL

#### 3.7.1 Sistema de abastecimiento de agua para las incubadoras

El agua que se utilizó para la incubación fue proveniente del río Osmore para el abastecimiento de los embriones en el parque ecológico. El agua para el sistema de incubación vertical en el módulo de invernadero de policarbonato de 6 mm de grosos del parque ecológico, el cual era almacenado el agua de río en un tanque elevado que mediante sistema de tubos de agua abastecía a las incubadoras.

El agua para el sistema del módulo piscícola de la balsa, provenía del río Canchis, tenía una bocatoma de captación que mediante tubos de agua llegaba por gravedad a dos tanques elevados de 600 litros de capacidad cada uno y llegaban al laboratorio de incubación donde pasaban por filtros de 5 micras, abasteciendo las 24 horas de agua para el sistema de incubación de bandejas horizontales e incubadoras verticales (Figura 4).

#### Figura 4

*Sistema de abastecimiento de agua a las incubadoras, en el laboratorio de incubación*



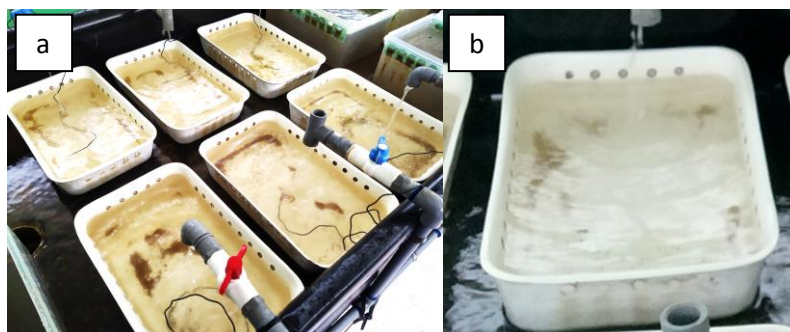
Nota: Se observan las tuberías de agua de media pulgada que abastece a las incubadoras.

#### 3.7.2 Sistema de incubación mediante bandejas horizontales

Los huevos embrionados fueron confinados en bandejas de fibra de vidrio de 40 cm x 25 cm x 8 cm de largo, ancho y alto respectivamente, con 9 orificios circulares de largo y 5 orificios circulares de ancho, de 1.5 cm., de diámetro, cubiertos por malla mosquitera de 0,2 cm. de ancho de malla (Fig. 5)

#### Figura 5

*Incubadora horizontal para embriones de tilapia*



Nota: a) sistema de bandejas horizontales utilizadas para la incubación de los embriones. b) bandeja horizontal para incubación de embriones de tilapia.

### **3.7.3 Sistema de incubación artesanal mediante incubadoras verticales en sistema de recirculación de agua**

Se evaluaron diferentes modelos de botellas de gaseosas para que fueran usadas de manera inversa como incubadoras, para lo cual se probó diferentes botellas de gaseosas de 2,5 y 3,0 litros de diferentes marcas comerciales que tenían la parte superior de forma de parábola, cóncava y cónica; pasando por medio de ellas un tubo de agua de 1/2 pulgada de diámetro hasta la tapa de la botella, por donde se hizo 4 ranuras por donde salía el agua, para que genere movimiento de los embriones, las evaluaciones demostraron que el mayor movimiento de los embriones se logró con la botella de forma cóncava y con menor caudal de agua utilizada, siendo utilizado para el diseño de sistema de incubación artesanal, las botellas que tuvieron forma parábola de 2,5 litros de capacidad.

Para mantener a los embriones de tilapia en movimiento, se diseñó el sistema artesanal que se observa en la figura 6, el cual se basa en una botella de gaseosa de 2,5 litros de capacidad total, con un diámetro de 12,0 cm. aprox., de 2 litros de capacidad de agua. Teniendo agua impulsada por una bomba de agua sumergible de  $2,0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ , con mangueras de conducción y llaves de paso para regular la salida homogénea de agua.

## Figura 6

### *Sistema de incubación artesanal con recirculación de agua*



*Nota:* La figura representa el sistema de incubación artesanal con recirculación de agua, el cual consta de una bomba sumergible de agua, que abastece por medio de un circuito abierto de manguera que transporta el agua, que es regulada por medio de una llave de paso por cada incubadora y que regresa dentro del recinto y es devuelto por bombeo a las incubadoras, después de haber pasado por un filtro de espuma para retener sólidos suspendidos y un filtro de carbón activado.

#### 3.7.4 Gasto de agua en los sistemas de incubación

Para determinar el gasto en el consumo de agua durante todo el proceso de incubación, se realizaron tomas de muestra de agua colectada en una jarra de un litro aforada, durante 15 segundos y 5 segundos para cada tratamiento respectivamente, para después ser medido el volumen de agua colectado mediante un tubo de probeta de vidrio de 100 ml.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 4.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1: COMPARAR EL GASTO DE AGUA EN DOS SISTEMAS DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL

En la evaluación del volumen del agua que se gastó para la incubación de los embriones, los resultados indican que el sistema de incubación de bandejas horizontales con flujo de agua abierto, presentó un gasto total de  $16,02 \pm 3,55$  ml s<sup>-1</sup> promedio, para el sistema de bandejas horizontales y un gasto total de  $2,16 \pm 4,10$  ml s<sup>-1</sup> para el sistema de recirculación. Al realizar la comparación se obtuvo el valor de  $p < 0,05$  ( $p = 0,0001$ ).

Con lo cual se demuestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 7). Por lo tanto, al obtener los estadísticos descriptivos se puede realizar la contrastación de las hipótesis, que fueron:

$H_0$  = El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, no influye sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”.

$H_1$  = El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, si influye sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”.

Por lo cual, se puede establecer el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa, existiendo la influencia del gasto de agua, observándose el menor consumo del gasto de agua en el tratamiento 2 (sistema de recirculación), el que menor gasto promedio de agua presentó como muestra la figura 8.



**Figura 7**

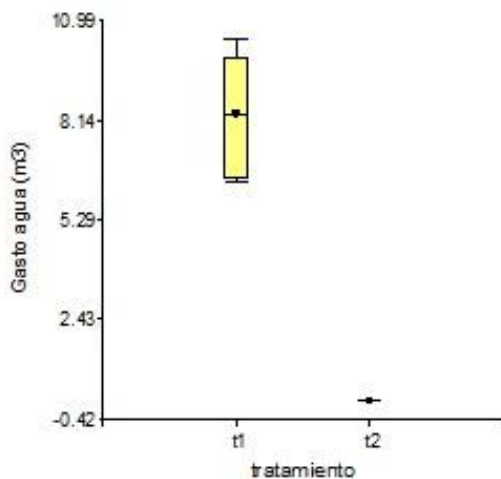
*Estadísticos descriptivos de la prueba T, para muestras independientes.*

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media (1)	Media (2)
Tratamiento	gasto de agua (m <sup>3</sup> )	T1	T2	6	6	8,31	0,11
LI (95)	LS (95)	Var (1)	Var (2)	pHomVar	T	g.l.	p-valor
6,15	10,24	3,79	9,0 x 10 <sup>-5</sup>	< 0,0001	10,30	5	0,0001

*Nota:* Se observa que el p-valor es estadísticamente significativo entre los tratamientos.

**Figura 8**

*Valores medios de gráfica de cajas de las medias para el gasto de agua en los dos sistemas de incubación.*



*Nota:* Se observa el comportamiento de los valores medios en la gráfica de cajas donde los bigotes no se cruzan entre los dos tratamientos.

#### **4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2: EVALUAR LA TASA DE ECLOSIÓN DE EMBRIONES DE TILAPIA GRIS**

La comparación de los valores registrados en las tasas de eclosión, de los embriones de los dos tratamientos demostraron que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentando un  $p > 0,05$  ( $p = 0,7384$ ) como

se observa en la Figura 09, presentando valores medios de  $93,25 \% \pm 1,18 \%$  y  $93,06 \% \pm 0,83 \%$  para los tratamientos 1 y 2, respectivamente (figura 9).

Por lo tanto, al obtener los estadísticos descriptivos se puede realizar la contrastación de las hipótesis que fueron:

$H_0$  = El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, no influye sobre la tasa de sobrevivencia, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”

$H_1$  = El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, si influye sobre la tasa de sobrevivencia, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”.

Por lo cual, se puede establecer la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa, no existiendo influencia del gasto de agua, sobre la tasa de eclosión, observándose tasas de sobrevivencia semejantes, como muestra la figura 10.

### Figura 9

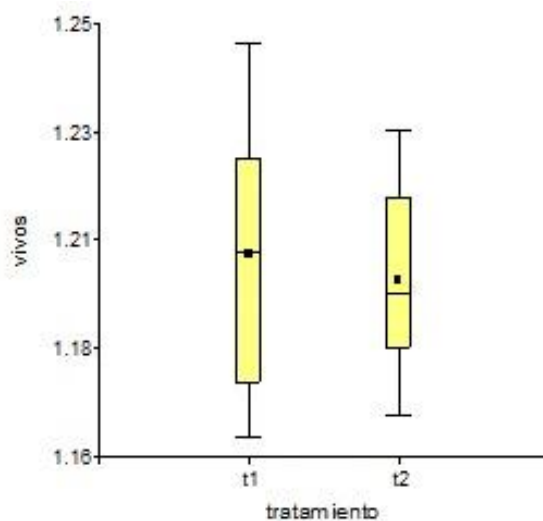
*Estadísticos descriptivos para la prueba T – student para los porcentajes de sobrevivencia*

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media (1)	Media (2)
Tratamiento	vivos	T1	T2	6	6	1,20	1,20
LI (95)	LS (95)	Var (1)	Var (2)	pHomVar	T	g.l.	p-valor
-0,03	0,04	$1,1 \times 10^{-03}$	$5,4 \times 10^{-04}$	0,4493	0,34	10	0,7384

*Nota:* Se observan los diferentes estadísticos descriptivos para los valores de porcentaje de sobrevivencia.

### Figura 10

*Valores medios de gráficos de cajas de las medias para las tasas de eclosión, en los dos sistemas de incubación*



*Nota:* Se observa el comportamiento de los valores medios en la gráfica de cajas, donde los bigotes se cruzan entre los dos tratamientos para las tasas de sobrevivencia.

#### **4.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3: EVALUAR LA TASA DE MORTALIDAD DE EMBRIONES DE TILAPIA GRIS**

La comparación de los valores registrados en las tasas de mortalidad de los embriones de los dos tratamientos demostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentando un  $p > 0,05$  ( $p = 0,7624$ ) como se observa en la Figura 11, presentando valores medios de  $6,75 \% \pm 1,18 \%$  y  $6,93 \% \pm 0,83 \%$  para los tratamientos 1 y 2, respectivamente (Figura 11).

Por lo tanto, al obtener los estadísticos descriptivos se puede realizar la contrastación de las hipótesis que fueron:

$H_0$  = El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, no influye sobre la tasa de mortalidad, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”.

$H_1$  = El gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, si influye sobre la tasa de mortalidad, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus* “tilapia gris”.

Por lo cual, se puede establecer la aceptación de la hipótesis nula y el rechazo de la hipótesis alternativa, no existiendo influencia del gasto de agua, sobre la tasa de mortalidad, observándose tasas de mortalidad semejantes, como muestra la figura 12.

## Figura 11

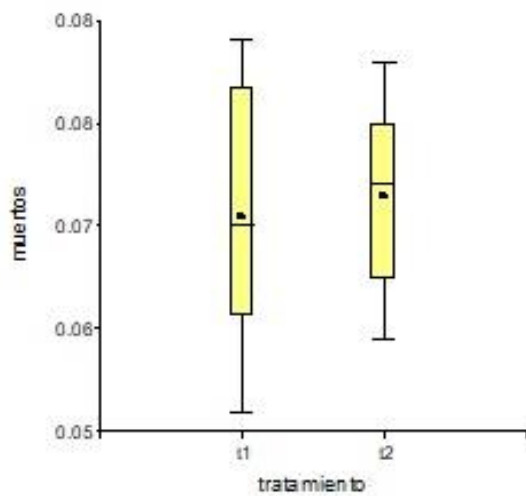
*Estadísticos descriptivos para la prueba T – student para los porcentajes de mortalidad*

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media (1)	Media (2)
Tratamiento	mue r t o s	T1	T2	6	6	0,07	0,07
LI (95)	LS (95)	Var (1)	Var (2)	pHomVar	T	g.l.	p-valor
-0,01	0,01	$1,4 \times 10^{-04}$	$7,1 \times 10^{-05}$	0,4807	-0,31	10	0,7624

*Nota:* Se observan los diferentes estadísticos descriptivos para los valores de porcentaje de mortalidad.

## Figura 12

*Valores medios de gráficos de cajas para las medias para las tasas de mortalidad, en los dos sistemas de incubación*



**Nota:** Se observa el comportamiento de los valores medios en la gráfica de cajas, donde los bigotes se cruzan entre los dos tratamientos, para las tasas de mortalidad.

## DISCUSIÓN

Los valores de los valores de temperatura, oxígeno disuelto del agua obtenidos, fueron los adecuados para los desoves de las hembras reproductoras, esto guarda relación con lo reportado por Fagbemi et al., (2021), quienes al investigar sobre el rendimiento en desove de diferentes poblaciones en el este de Africa, reportaron que la temperatura de incubación de embriones fue de  $30,6 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ;  $6,5 \pm 0,1 \text{ mg l}^{-1}$  para la concentración de oxígeno disuelto y  $6,8 \pm 0,7 \text{ upH}$ . Si bien es cierto que los valores de temperatura del presente trabajo difieren, guarda relación con el tratamiento 2 (sistema RAS), los valores del tratamiento 1 está dentro del rango de tolerancia y de desarrollo embrionario de la tilapia. Los valores bajos de temperatura del agua de incubación del tratamiento 1 (sistema de incubación de bandejas horizontales), es porque el agua de abastecimiento fue de un río, pero que no afectó la tasa de sobrevivencia entre los tratamientos y en relación al desarrollo embrionario, nuestro trabajo también coincide con los valores reportados entre 4-5 días de incubación desde estadio II, de desarrollo embrionario, según lo reportado con Velazco-Vargas y Martínez-Llorens (2020).

Así mismo, Khallaf et al. (2020), establece la influencia de la temperatura del agua, sobre los diferentes procesos fisiológicos durante cambios estacionales, sobre los diferentes parámetros productivos (incremento en talla, peso, factor de condición, índice gonado somático, fecundidad y proporción de sexo). En nuestro estudio, los valores de temperatura si bien es cierto presentaron fluctuaciones; estos valores estuvieron dentro del rango establecido para el proceso de incubación artificial. Esto es debido a que los valores de temperatura durante el proceso de incubación artificial estuvieron dentro del rango de tolerancia, lo cual se evidenció en una tasa de sobrevivencia y mortalidad no significativa entre los tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por Alam et al., (2021), Malik et al. (2019), Henrique et al. (2019), quienes reportan rangos de valores de la temperatura del agua

entre 29 °C a 31 °C., para los laboratorios de producción de semilla no solo para tilapia sino también para otras especies tropicales como la *Channa striata* (Muslin et al., 2018).

Piamsomboon et al. (2019), tuvieron valores de tasa de eclosión del  $67,5 \pm 3,5$  % utilizando para la fertilización semen fresco, lo cual son valores bajos en comparación con nuestra investigación, pero que coinciden con el volumen de las 2,5 l, incubadoras artificiales que utilizamos en el presente trabajo.

Según los valores de Velazco-Vargas y Martínez-Llorens (2020), quienes incubaron huevos fertilizados de *Oreochromis karongae* (tilapia) en jarras de incubación tipo Mcdonalds de 2 L, mostraron un caudal de incubación de agua  $0,15 \text{ l s}^{-1}$ , lo cual difiere con nuestro trabajo considerando que el caudal de incubación en jarras verticales fue de  $0,016 \text{ l s}^{-1}$ . Así mismo, la densidad de incubación en nuestro trabajo difiere por cuanto fue mayor la cantidad de embriones incubados (2000 embriones), a diferencia de lo reportado que fue de 265 huevos fertilizados.

Las tasas de sobrevivencia estuvieron cercanas a lo aceptable a nivel productivo para este estadio de vida. Esto puede deberse a la calidad de los reproductores que estuvieron dentro del tiempo de performance reproductiva y también al manejo de los reproductores en el aspecto nutricional. Considerando que fueron alimentados con alimento extruzado de una marca comercial para reproductores, estos no influyeron negativamente sobre la calidad de los embriones que desarrollaron con normalidad. Esto coincide con lo reportado por Massamiyu et al., (2023), quienes establecen que la calidad de la proteína en el alimento influye sobre el desempeño reproductivo, estableciendo que la composición de aminoácidos esenciales presentes en el huevo y en etapa post larval, fue predominante para la lisina y el ácido glutámico fue el predominante para los aminoácidos no esenciales, no existiendo mucha información en relación al efecto de suplementar dietas con aminoácidos, sobre la composición aminoacídico de los huevos y tejidos.

Así mismo, el momento de la eclosión no estuvo influido por la intensidad de luz para ambos tratamientos ni para ambos lugares de experimentación, lo cual coincide con lo reportado por Hiu et al. (2019)<sup>b</sup>, quienes reportan que la inestabilidad en el fotoperíodo retarda el momento de la eclosión (desarrollo embrionario). Esto puede deberse a que tanto la intensidad de luz en diferentes tiempos de experimentación, coincidió en la misma estación de verano.

La técnica de extraer los huevos embrionados de la cavidad bucal del reproductor hembra, es una rutina que se realiza con el fin de tener una homogeneidad de la edad de la progenie, con el fin de estabular a los embriones según lo reportado por Perdomo-Carrillo et al., (2017), quienes al realizar el “destete” (extracción de los embriones), los clasifican en huevos sin eclosionar o en proceso de eclosión. Para el presente estudio, coincidimos con lo reportado (extracción de los embriones sin eclosionar) y para la clasificación del estadio de desarrollo de embriones se optó para seguir con lo recomendado por Gonzales (2019), quien recomienda incubar embriones en estadio de desarrollo embrionario intermedio (presencia de ojos en el embrión). Nuestros resultados muestran valores cercanos a los reportados por los autores referenciados. Sin embargo, para el proceso de incubación artificial, nuestro experimento difiere con lo establecido por Gonzales (2019), puesto que en nuestro estudio la incubación fue con incubadoras cónicas y con movimiento de agua en un sistema artesanal de recirculación y con mayor densidad a diferencia de la incubación sin movimiento de agua y con densidad baja. Con lo cual, demostramos que es posible combinar diferentes técnicas de manejo de embriones para el proceso de incubación artificial que garanticen el desarrollo normal de los embriones con valores comercialmente cercanos a lo aceptable.

Hui et al., (2018)<sup>a</sup>, reportan un caudal de  $8 \text{ l min}^{-1}$  para incubar  $1.4 \times 10^4$  huevos de tilapia, lo cual difiere con el sistema artesanal de incubación con sistema de recirculación, por cuanto el caudal utilizado ha sido 10 veces menos ( $0,13 \text{ ml s}^{-1}$  y en relación a la densidad, trabajaron con recipientes de 20 litros



de capacidad, lo cual está por encima de 20 veces comparado con nuestro trabajo (2,0 litros de volumen de incubación). Sin embargo, nuestros valores son cercanos a los porcentajes de sobrevivencia y mortalidad. Esto puede ser atribuido a la concentración de oxígeno presente en el agua, la cual estaba por encima de lo demandado para un buen desarrollo embrionario. Lo cual coincide con lo reportado por Omelas-Luna et al. (2017), quienes también evaluaron y utilizaron un sistema de recirculación, con bajo impacto al medio ambiente y manteniendo los valores productivos comerciales, pero en 1 ha de área para el cultivo de tilapia.

## **CONCLUSIONES**

1. Los resultados demuestran que el sistema de incubación artificial de recirculación, representa menor gasto del recurso agua frente al sistema tradicional de incubación en bandejas horizontales.
2. La tasa de sobrevivencia es la misma para los dos tipos de incubación (sistema de bandejas horizontales y sistema de incubación vertical con sistema de recirculación).
3. La tasa de mortalidad no difiere para ninguno de los dos sistemas de incubación.

## **RECOMENDACIONES**

1. Establecer la capacidad máxima de incubación para incubadoras verticales confeccionadas artesanalmente.
2. Evaluar el sistema de incubación con el uso de incubadoras verticales en sistema de recirculación en la etapa de huevos fertilizados.
3. Evaluar la concentración de oxígeno disuelto que permita obtener la densidad máxima de incubación de huevos, sin comprometer el normal desarrollo embrionario, tanto para la etapa de fertilización y desarrollo embrionario temprano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilera P. y C. Noriega. 1985. *La tilapia y su cultivo*. FONDAPESCA. MEXICO D.F. p. 59
- Alam S., S. Sarkar, M. Miah, H. Rashid. (2021). *Management strategies for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) hatchery in the face of climate change induced rising temperature*. *Aquaculture studies*, 21, 55-62. [http://doi.org/10.4194/2618-6381-v21\\_2\\_02](http://doi.org/10.4194/2618-6381-v21_2_02).
- Alcantara F. Camargo W. Tello S. 2002. *Reproducción Inducida de Paco y Gamitana*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Iquitos - Perú.
- Baltazar, P. 2007. *La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas*. *Rev. peru biol.*, Lima, v. 13, n. 3, jul. Disponible en <[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-99332007000100022&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332007000100022&lng=es&nrm=iso)>. accedido en 03 marzo 2014.
- Baltazar P., Sánchez A., Camacho M. 2006. *Incubación artificial de ovas embrionadas de *Oreochromis* sp.* *Memorias del 2º Congreso Nacional de Acuicultura*. Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú.
- Baltazar P., Alzamora R., Flores M., P. Rodenas y Gonzales J. 2003. *Manual de Cultivo de Tilapias en Estanques*. Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES). 1ra Edición. Lima – Perú.
- Baltazar P. y Rodriguez P. 2001. *Una visión de la acuicultura en los valles de Arequipa*. *Revista AGRO ENFOQUE*. Año XVI – Nº 124, Mayo/Junio.
- Baltazar P. 2000. *Cultivo de tilapia roja (*Oreochromis niloticus*) en el Centro de Cultura Tambo de Mora –Chincha*. *Revista Ciencia y Nutrición*.
- Bhujel R., W. Turner, A. Yakupitiyage y D. Little. 2001. *Impacts of*

*Environmental manipulation on the reproductive performance of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Journal of Aquaculture in the Tropics* 16(3): 197-209.

Bhujel R., D. Little y A. Hossain. 2007. *Reproductive performance and the growth of stunted and normal Nile tilapia (Oreochromis niloticus) broodfish at varying feeding rates. Aquaculture* 273:71-79.

Bhujel R., M. Shrestha, J. Pant y S. Buranrom. 2008. *Ethnic Women in Aquaculture in Nepal. Development*, 51: 259-264.

Bhujel R. and J. Stewart. 2007. *Sustainable tilapia culture in Thailand. Fish Farmer*, Nov./Dec. 2007, pages 38-39.

Bhujel R. 2000. *A review of strategies for the management of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. Aquaculture* 181:37-59.

Camilo A. y M. Olivera. 2002. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad de Antioquia, Grupo de Fisiología y Biotecnología de la Reproducción – Biogénesis. Medellín – Colombia.

Chereguini O., P. Fernández y L. Rasines. 1992. *Adaptación de la técnica de críopreservación de esperma para el Rodaballo (Scoththalmus maximus) y Besugo (Pagellus bogaraveo). Instituto español de Oceanografía.* (117) 1-11.

Czerkies P., P. Brzuzan, K. Kordalski, M. Luczynski. 2001. *Critical partial pressures of oxygen causing precocious hatching in Coregonus Javaretus and C. albula embryos. Aquaculture* 196: 151-158.

Clavijo-Ayala J. y Arias-Castellanos, J. 2004. *Avances en el estudio de la embriología del Yamú (Brycon Siebenthalae) (Pisces: Characidae). Dahlia. Rev. Asoc. Colomb. Ictiol.*, 7:37-48.

Escobar B., N. Olvera y C. Puerto. 2006. *Avances sobre el tracto digestivo*

de la Tilapia y sus potenciales implicaciones. VIII simposium Internacional de Nutrición acuícola. Monterrey Nuevo Leon. Mexico. pp. 107 – 128.

Fagbemi, M. N. A., Oloukoule, R., Lederoun, D., Baglo, I. S., Melard, C., Laleye, P. A., & Rougeot, C. (2021). *Comparative study of the breeding performances of five populations of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) (F1) in an experimental on-growing system in Benin (West Africa)*. *Journal of Applied Aquaculture*, 00(00), 1–17. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1939223>

Fouz B., E. Alcaide, R. Barrera y C. Amaro. 2002. *Susceptibility of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) to vibriosis due to Vibrio vulnificus biotype 2*. *Aquaculture*, 212: 21-30.

Gonzales F. 2019. *Efecto de la densidad de embriones de Oreochromis niloticus (tilapia gris), sobre la eficiencia de incubación, sin recambio de agua*. Universidad Nacional de Moquegua.

Henrique L., Y. Simões, R. Costa, P. Suzanna, R. Kennedy, Nilo Bazzoli and E. Rizzo (2019). *Low salinity negatively affects early larval development of Nile tilapia, Oreochromis niloticus: insights from skeletal muscle and molecular biomarkers*. *Zygote*. page 1 of 7. doi: 10.1017/S0967199419000431

Herrera-Ulloa A., J. Chacón, G. Zuniga-Calero, O. Fajardo y R. Jiménez-Montealegre. 2009. *Acuicultura de pargo la mancha Lutjanus guttatus (Steindachner, 1869) en Costa Rica dentro de un enfoque ecosistémico*. *Rev. Mar. Cost.*, 1: 197-213.

Hui W., S. Wenjing, Z. Chuankun, P. Zhengjun, W. Nan. (2018)<sup>a</sup>. *Determination and application of optimal combination of egg density and water flow rate in tilapia commercial incubation*. *Aquaculture*. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.04.031

- Hui W., S. Wenjing, W. Long, Z. Chuankun, P. Zhengjun, Wu Nan. (2019)<sup>b</sup>.  
*Light conditions for commercial hatching success in Nile tilapia (Oreochromis niloticus)*. Aquaculture 509 (2019) 112–119.  
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.027>
- Jagadis I., B. Ignatius, D. Kandasami y A. Khan. 2007. *Natural spawning of honeycomb grouper Epinephelus merra Bloch under captive conditions*. J. Mar. Biol. Assoc. India, 49(1) pp. 65-69.
- Junqueira C. 1999. *Efeito da temperatura no desenvolvimento inicial de larvas de Curirnbata, Prochilodus scrofa Steindachner, 1882 (Characiformes, Prochilodontidae)*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis -SC, Brasil. 83p.
- Kallaf E., A. Alne-na-ei, F. El-messady, E. Hanafy. (2020). *Effect of climate change on growth and reproduction of Nile tilapia (Oreochromis niloticus, L.) from Bahr Shebeen Canal, Delta of Egypt*. Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries. Vol. 24(5): 483 – 509.
- Kamler E., H. Keckeis, E. Bauer-Nem eschkal. 1988. *Temperature-induced changes of survival, development and yolk partitioning in Chondrostomo nosus*. J. Fish Biol. 53: 658-682.
- Kjørsvik E., A. Mangor-Jensen, y T. Holmefjord. 1990. *Egg quality in fishes*. *Advances in marine biology*. London: academic press pp. 71-113.
- Little D., R. Bhujel, y T. Pham. 2003. *Advanced nursing of mixed sex and MT-treated tilapia (Oreochromis niloticus) fry, and its impact on subsequent growth in fertilized ponds*. Aquaculture, 221 (1-4): 265-276.
- Little D. 1989. *An evaluation of strategies for production of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) egg and fry suitable for hormonal treatment*. PhD thesis. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, UK.
- Little D. 1998. *Options in the development of the aquatic chicken*. Fish Farmer, July/August 1998, pages 35-37.

- Llasaca E. 2006. *Reproducción inducida de tilapia roja (Oreochromis sp)*.  
*Facultad de Ingeniería Pesquera*. Universidad Nacional Jorge Basadre  
Grohmann. Tesis. pp. 22 – 34.
- Lu J. y T. Takeuchi. 2004. *Spawning and egg quality of the tilapia  
Oreochromis niloticus fed solely on raw Spirulina throughout three  
generations*. *Aquaculture* 234:3 pp. 625–640
- Macintosh D. y D. Little, 1995. *Nile tilapia (Oreochromis niloticus) In  
Broodstock management and egg and larval quality*, N. R. Bromage and  
R.J. Roberts (eds). Blackwell Science, 424 p.
- Mair G., C. Estabillo, R. Sevilleja, y R. Recometa. 1993. Small-scale  
*Alevines production systems for Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.)*.  
*Aquaculture and Fisheries Management* 24:229-235.
- Malik, A., G. Abbas, A. Fatima, A. Muhammad, K. Shabbir, A. Talpur, N.  
Kalhor, A. Memon, S. Shah. (2019). *Comparative study to investigate  
the impact of salinity on breeding of tilapia-red (Oreochromis niloticus x  
O. mossambicus) and tilapia-Nilotica(O. niloticus)in Captivity*. *Sindh Univ.  
Res. Jour. (Sci. Ser.)* Vol. 51 (01) 113-118.  
<http://doi.org/10.26692/sujo/2019.01.21>
- Mathew G. 2010. *Spontaneous spawning of Epinephelus tauvina (Forskål)  
in captivity*. *J. Mar. Biol. Assoc. India*, 52(1): 14-18.
- Martinez J., C. Velázquez. 1998. *Estudio del crecimiento en cinco  
coloraciones de tilapia roja (Oreochromis sp.) bajo condiciones del Valle  
del Cauca. Trabajo de grado (Zootecnista)*. Palmira (Colombia):  
Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.  
82 p.
- Massamiyu W., T. Pereira, D. Monroe. (2023). *Requisitos de aminoácidos para  
la tilapia del Nilo: una actualización*. *Animales*, 13 , 900.  
<https://doi.org/10.3390/ani13050900>



- Muslin M., M. Fitriani, A. Medi. (2018). *The Effect of Water Temperature on Incubation Period, Hatching Rate, Normalities of The Larvae and Survival Rate of Snakehead Fish Channa striata*. *Aquacultura Indonesiana* 19 (2): 90-94. DOI : <http://dx.doi.org/10.21534/ai.v19i2.124>
- Ornelas-Luna, R., B. Aguilar-Palomino, A. Hernández-Díaz, J. Hinojosa-Larios, D. Godínez-Siordia. (2017). *Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia*. *Acta Universitaria*, 27(5), 19-25. doi: 10.15174/au.2017.1231
- Piamsomboon P., N. Sirisopit, S. Sirivaidyapong, J. Wongtavatchai. (2019). *Assisted reproduction in Nile tilapia Oreochromis niloticus: Milt preservation, spawning induction and artificial fertilization*. *AQUA* 634053. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.019>.
- Perdomo-Carrillo D., F. Perea-Ganchou, P. Moratinos-López, M. González-Estopiñán, Y. Reyna-Camacho. Corredor-Zambrano. (2017). *Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (Oreochromis spp.) como estrategia productiva en tanques de concreto*. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXVII, N° 6, 393 – 402*.
- Prieto C., M. Olivera. (2002). *Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja Oreochromis sp*. *Rev Col Cienc Pec Vol. 15: 1*
- Pullin R. 1988. *Tilapia genetic resources for Aquaculture. Proceedings of the Workshop on Tilapia genetic resources for aquaculture March 23-24, 1987*. ICLARM. 108 pages.
- Ramos R. y M. Gálvez. 2000. *Impacto ambiental de la introducción de «Tilapias» en la cuenca del Río Piura*. *Universalia: Re-vista Científica de la Universidad Nacional de Piura. Volu-hombres 5(1): 80-97*
- Sastre O., G. Hernández, P. Cruz. 2004. *Influencia del peso corporal y de la temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de la Cachama Blanca (Piaractus brachypomus)*. *Rev Col Cienc Pec Vol. 17: Suplemento, 2004. Pp 11- 16*.

- Saint-Paul, U. 1985. *The neotropical serrasalmid Colossoma macropomum, a promising species for fish culture in Amazonia*. *Anim Res Develop*. 22:7 – 35
- Silva A. y M. Oliva. 2010. *Revisión sobre aspectos biológicos y de cultivo del lenguado chileno (Paralichthys adspersus)*. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 38(3): 377-386
- Stoskopf M. 1993. *Immunology*. In: W.B. Saunders Company (Ed.). *Fish Medicine*. Harcourt Brace Jovanovich Inc., Philadelphia, USA.153
- Sugama K., A. Hanafi y M. Rimmer. 2004. *Hatchery technology on the breeding and fry production of marine finfish in Indonesia*. *The Second Hatchery Feeds and Technology Workshop*, Sydney, pp. 112-115.
- Suresh V. 1999. *Recent advances in tilapia broodstock in: Proceedings de Acuicultura*. *Puerta La Cruz – Venezuela*.Valbuena R., R. Rosado y C.
- Velasco-Vargas J., S. Martinez -Llorens. (2020). *Establishment of temperature-dependent egg development rates hatchability and survival rate for Oreochromis karongae in a recirculating system hatchery*. *Advances in Fishery, Aquaculture and Hydrobiology*. Vol. 8 (1), pp. 1 – 5.
- Watanabe W., S. Smith., R. Wicklund y B. Olla. 1992. *Hatchery production of Tilapia roja de Florida seed in brackishwater Tanques under natural-mouthbrooding and clutch-removal methods*. *Aquaculture* 102:77-88
- Wilson R. 2009. *Dietary effects of n-3 highly unsaturated fatty acid levels on egg and larval quality, and the fatty acid composition of the eggs of Chilean flounder Paralichthys adspersus broodstock*. *Aquacult. Res.*, 40: 1400-1409

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### FICHA DE REGISTRO DE VALORES DE TEMPERATURA DEL AGUA DEL SISTEMA DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL MEDIANTE BANDEJAS HORIZONTALES

		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA 5	DIA 6
Tratamientos		temperatura	temperatura	temperatura	temperatura	temperatura	temperatura
y replicas	hora	agua	agua	agua	agua	agua	agua
T1R1	08:00	23,8	23,1	23,6	22,1	22,3	22,4
T1R2		23,7	23,1	23,2	22,2	22,6	22,4
T1R3		23,7	22,1	23,2	22,3	22,4	23
T1R4		23,7	23,1	23,1	22,3	22,4	22,7
T1R5		23,6	23,1	23,1	22,6	22,4	23
T1R6		23,3	23,1	23,1	22,3	22,4	22,7
T1R1	14:00	24,9	25	24,7	24,6	24,8	24,6
T1R2		24,4	24,8	24,7	24,6	25	24,8
T1R3		24,8	24,7	24,7	24,1	24,9	24,6
T1R4		24,8	24,6	24,6	24,5	24,8	24,6
T1R5		24,7	24,6	24,6	24,4	24,6	24,7
T1R6		24,4	24,6	24,6	24,5	24,2	24,9
T1R1	19:00	24,1	24,1	23,9	24,1	23,9	23,9
T1R2		24	24	23,6	24	24	23,9
T1R3		23,9	23,8	23,7	23,9	23,9	24,1
T1R4		24	24,1	24	24	23,8	23,9
T1R5		24	23,9	23,8	23,7	24,1	24,1
T1R6		23,6	24	23,9	23,8	23,9	23,9

## ANEXO 2

### FICHA DE REGISTRO DE VALORES DE TEMPERATURA DEL AGUA DEL SISTEMA DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL MEDIANTE INCUBADORAS VERTICALES

		DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
Tratamientos		temperatura	temperatura	temperatura	temperatura
y replicas	hora	agua	agua	agua	agua
T2R1	08:00	29,5	29,6	29,8	30
T2R2		29,1	29,5	29,7	29,7
T2R3		29,3	29,8	29,7	29,8
T2R4		29,4	29,6	29,5	29,9
T2R5		29,4	29,7	29,6	30
T2R6		29,3	29,8	29,5	30,1
T2R1	14:00	29,6	29,9	29,8	29,8
T2R2		29,5	29,8	29,7	29,5
T2R3		29,3	30	29,5	29,5
T2R4		29,5	30,1	29,8	29,8
T2R5		29,4	29,7	29,6	29,9
T2R6		29,6	29,2	29,8	30
T2R1	19:00	29,6	29,5	29,7	30,1
T2R2		29,2	29,8	29,8	29,5
T2R3		29,5	29,4	29,7	29,8
T2R4		29,3	29,5	29,6	29,4
T2R5		29,5	29,3	29,1	29,6
T2R6		29,6	29,9	29,5	29,4

### ANEXO 3

#### Registro de gasto de agua por tratamiento y réplica, en incubadoras de bandejas

N°	Sistema de incubación tradicional en bandejas (24°C)					
	Caudal					
	T1R1 ml/15 seg	T1R2 ml/15 seg	T1R3 ml/15 seg	T1R4 ml/15 seg	T1R5 ml/15 seg	T1R6 ml/15 seg
1	178	252	290	181	273	280
2	182	195	283	179	289	276
3	190	199	278	196	276	281
4	182	232	268	182	281	289
5	185	295	279	184	280	285
6	187	210	293	189	283	286
7	184	325	284	179	286	282
8	188	234	289	186	284	284
9	187	271	283	185	281	287
10	189	283	290	181	280	284
<b>promedio</b>	185,2	249,6	283,7	184.2	281.3	283.4
<b>Caudal ml/15 seg</b>						
<b>Caudal ml/seg</b>	12,3	16,6	18,9	12,3	18,8	18,9
<b>Caudal l/min</b>	0,7408	0,9984	1,1348	0,7368	1,1252	1,1336
<b>Caudal l/hora</b>	44,448	59,904	68,088	44,208	67,512	68,016

## ANEXO 4

### Registro de gasto de agua por tratamiento y réplica, en incubadoras verticales, sistema de recirculación

N°	Sistema de incubación en Recirculación de agua (30°C)					
	Caudal					
	2R1	2R2	2R3	2R4	2R5	2R6
	l/5 seg	l/5 seg	l/5 seg	l/5 seg	l/5 seg	l/5 seg
<b>1</b>	70	90	40	60	98	88
<b>2</b>	87	89	39	63	97	91
<b>3</b>	86	95	38	67	05	90
<b>4</b>	83	97	42	68	10	88
<b>5</b>	76	01	38	65	11	93
<b>6</b>	78	05	40	70	13	88
<b>7</b>	88	00	43	69	99	90
<b>8</b>	87	96	39	71	05	92
<b>9</b>	76	02	40	68	99	94
<b>10</b>	89	05	43	62	00	89
<b>promedio</b>						
<b>Caudal ml/5 seg</b>	82,0	98,0	40,2	66,3	03,7	90,3
<b>Caudal ml/seg</b>	6,4	9,6	8,0	3,3	0,7	8,1
<b>Caudal l/min</b>	,184	,376	,6824	,9956	,4444	,2836
<b>Caudal l/hora</b>	31,04	42,56	00,944	19,736	46,664	37,016

## ANEXO 5

### Reporte de Laboratorio acreditado, del análisis de elementos de la calidad de agua del río osmore, bocatoma de la EPS - Ilo



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N° LE 003**



#### INFORME DE ENSAYO N° 2-01442/23

Página 1/5

DATOS DEL CLIENTE	
Solicitado por	: PARI MAMANI MARISOL -
Domicilio legal	: VISTA AZUL MZ. 22 LOTE 19 - ILO - ILO - MOQUEGUA
DATOS DE LA MUESTRA	
Producto declarado <sup>(A)</sup>	: AGUA SUPERFICIAL
Lugar de Muestreo <sup>(A)</sup>	: BOCATOMA EL CANUTO
Fecha de Muestreo <sup>(A)</sup>	: 2023-06-06
Procedencia	: Proporcionada por el solicitante
Cantidad recibida	: 3 muestras x 4.0 Litros
Presentación y condición de recepción	: En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado
Identificación y descripción <sup>(A)</sup>	: Según se indica
Fecha de recepción	: 2023-06-07
Fecha de inicio del ensayo	: 2023-06-09,
Fecha de término del ensayo	: 2023-06-14
Ensayo realizado en	: Laboratorio Hidrobiología Callao / Laboratorio Metales Callao
Identificado con	: HS 23004283 (EXMA-06662-2023)
Validez del documento	: Este documento es válido solo para la muestra descrita.

Proyecto<sup>(A)</sup>: "CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL Y MONITOREO HIDROBIOLÓGICO EN LA BOCATOMA DEL RÍO OSMORE"

Puntos de muestreo <sup>(A)</sup>	Coordenadas UTM <sup>(A)</sup> WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones <sup>(A)</sup>
	ESTE	NORTE		
ROSM01	19K266765	8057287	—	Altitud: 224 m.s.n.m.
ROSM02	19K266898	8057264	—	Altitud: 224 m.s.n.m.
ROSM03	19K266677	8057268	—	Altitud: 224 m.s.n.m.

<sup>(A)</sup> Datos proporcionados por el solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el solicitante pueda afectar la validez de los resultados

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) – [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



**INFORME DE ENSAYO N° 2-01442/23**

Página 2/5

**RESULTADOS**

Parámetro	Limite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo		
			ROSM01	ROSM02	ROSM03
			Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo
			2023-06-06 13:47	2023-06-06 14:52	2023-06-06 15:34
			Tipo de Muestra		
			Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Detección y/o enumeración de Huevos de Helminos (Callao)</b>					
Ancylostoma sp / Necator sp	1	huevos/L	<1	<1	<1
Ascaris sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Capillaria sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Clonorchis sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Diphyllobothrium sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Dipylidium sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Echinostoma sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Enterobius sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Fasciola hepatica	1	huevos/L	<1	<1	<1
Hymenolepis sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Macracanthorhynchus sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Paragonimus sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Schistosoma sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Strongyloides sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Taenia sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Trichostrongylus sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
Trichuris sp.	1	huevos/L	<1	<1	<1
<b>Metales Totales por ICP-MS (Callao)</b>					
Aluminio (Al)	0,0025	mg/L	0,1957	0,1564	0,2195
Antimonio (Sb)	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Arsénico (As)	0,0005	mg/L	0,0070	0,0068	0,0072
Bario (Ba)	0,00015	mg/L	0,07765	0,07424	0,08097
Berilio (Be)	0,00015	mg/L	<0,00015	<0,00015	<0,00015
Bismuto (Bi)	0,0025	mg/L	<0,0025	<0,0025	<0,0025
Boro (B)	0,01	mg/L	1,29	1,22	1,34
Cadmio (Cd)	0,00005	mg/L	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Calcio (Ca)	0,1	mg/L	181	173	190
Cobalto (Co)	0,0003	mg/L	<0,0003	<0,0003	<0,0003
Cobre (Cu)	0,0003	mg/L	0,0016	0,0015	0,0017
Cromo (Cr)	0,0005	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Estaño (Sn)	0,00025	mg/L	<0,00025	<0,00025	<0,00025
Estroncio (Sr)	0,00045	mg/L	1,26	1,20	1,32
Fósforo (P)	0,1	mg/L	0,28	0,26	0,28
Hierro (Fe)	0,01	mg/L	0,101	0,065	0,125
Litio (Li)	0,00025	mg/L	0,11659	0,11063	0,12479
Magnesio (Mg)	0,01	mg/L	22,3	21,2	23,3
Manganeso (Mn)	0,00025	mg/L	0,07948	0,05356	0,06468

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

" EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 2-01442/23

Página 3/5

RESULTADOS (Continuación)

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo		
			ROSM01	ROSM02	ROSM03
			Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo	Fecha y Hora de Muestreo
Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial		
Resultados	Resultados	Resultados			
<b>Metales Totales por ICP-MS (Callao)</b>					
Mercurio (Hg)	0,00005	mg/L	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Molibdeno (Mo)	0,0002	mg/L	0,0026	0,0025	0,0028
Níquel (Ni)	0,00035	mg/L	<0,00035	<0,00035	<0,00035
Plata (Ag)	0,00005	mg/L	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Plomo (Pb)	0,0002	mg/L	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Potasio (K)	0,01	mg/L	9,08	8,76	9,38
Selenio (Se)	0,001	mg/L	<0,001	<0,001	<0,001
Silicio (Si)	0,01	mg/L	19,2	18,2	19,6
Sodio (Na)	0,01	mg/L	171	162	179
Talio (Tl)	0,00016	mg/L	<0,00016	<0,00016	<0,00016
Teluro (Te)	0,0005	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Titanio (Ti)	0,0005	mg/L	0,0053	0,0037	0,0052
Uranio (U)	0,00005	mg/L	<0,00005	<0,00005	<0,00005
Vanadio (V)	0,0005	mg/L	0,0057	0,0055	0,0063
Wolframio (W)	0,0005	mg/L	<0,0005	<0,0005	<0,0005
Zinc (Zn)	0,0005	mg/L	0,0054	0,0022	0,0122

"Este documento ha sido emitido con firma digital"

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores – Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla – Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com – www.cerper.com

\* EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

## ANEXO 6

### ARTÍCULO CIENTÍFICO

Revista de Investigación Científica REBIOL ISSN 2313-3171, Año x, Número x.

---

#### **Evaluación del gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial, sobre los índices de eficiencia de incubación, en la producción de larvas de *Oreochromis niloticus*, tilapia gris.**

Evaluation of water consumption in two artificial incubation systems, on incubation efficiency indices, in the production of *Oreochromis niloticus* larvae, gray tilapia.

**Ehrlich Yam Llasaca Calizaya<sup>1</sup>, Geiner Manuel Bopp Vidal<sup>2</sup> Elizabeth Norka Llasaca Calizaya<sup>3</sup>, Eduardo Luis Flores Quispe<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Moquegua – Filial Ilo, Ciudad jardín s/n, Moquegua, Perú

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Trujillo - Av Juan pablo II s/n

<sup>3</sup> Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman, Av. Cuzco s/n, Ciudad Universitaria, Tacna, Perú

Autor para correspondencia: [ehrich.llasaca1@gmail.com](mailto:ehrich.llasaca1@gmail.com)

#### **ID ORCID** de los autores

Ehrlich Yam Llasaca-Calizaya: <https://orcid.org/0000-0002-9918-6073>

Geiner Manuel Bopp Vidal: <https://orcid.org/0000-0002-7788-2131>

Elizabeth Norka Llasaca-Calizaya: <https://orcid.org/0000-0002-5112-2062>

Eduardo Luis Flores Quispe: <https://orcid.org/0000-0001-5106-9583>

#### **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se realizó debido a la preocupación que se tiene actualmente en relación al uso eficiente del recurso acuático en el proceso de incubación y producción de larvas de *Oreochromis niloticus* tilapia gris, considerando que la acuicultura es una actividad de seguridad alimentaria y desarrollo económico. Se evaluó dos sistemas de incubación de embriones de tilapia gris, uno tradicional con bandejas horizontales de un solo uso de agua y un prototipo de incubación artificial artesanal con recirculación de agua, del plantel de reproductores del módulo piscícola la Balsa (Cajamarca) y del parque ecológico de la Municipalidad Distrital de Pacocha, (Ilo -Moquegua). Se comparó dos tratamientos de incubación: tratamiento 1 (T1) - sistema de incubación de bandejas horizontales con flujo de agua abierto y tratamiento 2 (T2) sistema incubación artesanal de recirculación de agua a base de botellas PET cónicas (incubadoras), teniendo 6 réplicas por cada tratamiento y 2000 embriones por réplica. Se trabajó con un caudal promedio de 16,02 ml seg-1 y 2,16 ml seg-1, para los T1 y T2, respectivamente. Se registraron valores promedios de temperatura: 25,26 °C; pH: 7,67 upH; conductividad eléctrica: 0,93 mS/cm; oxígeno disuelto: 6,23 ppm; amonio 0,01 ppm. Los resultados demostraron que para el gasto de agua existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p < 0,05$ ) y para las tasas de sobrevivencia y mortalidad no existe diferencia significativa entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ). Con lo cual, concluimos que se puede usar el sistema de recirculación artesanal de agua para incubar huevos embrionados de tilapia nilótica, optimizando el uso de agua sin afectar los parámetros productivos para la producción de larvas de tilapia nilótica y que pueda ser implementado por el productor rural.

**Palabras claves:** Tasa de sobrevivencia, incubación de embriones, producción de larvas, tilapia gris.

## ABSTRACT

This research work was carried out due to the current concern regarding the efficient use of aquatic resources in the process of incubation and production of gray tilapia *Oreochromis niloticus* larvae, considering that aquaculture is a food security and development activity. economic. Two incubation systems for gray tilapia embryos were evaluated, a traditional one with horizontal trays with a single use of water and a prototype of artisanal artificial incubation with water recirculation, from the breeding stock of the La Balsa fish farm (Cajamarca) and from the park. ecological of the District Municipality of Pacocha, (Ilo -Moquegua). Two incubation treatments were compared: treatment 1 (T1) - incubation system of horizontal trays with open water flow and treatment 2 (T2) artisan incubation system of recirculating water based on conical PET bottles (incubators), having 6 replicates. for each treatment and 2000 embryos per replicate. We worked with an average flow rate of 16.02 ml sec<sup>-1</sup> and 2.16 ml sec<sup>-1</sup>, for T1 and T2, respectively. Average temperature values were recorded: 25.26 °C; pH: 7.67 pH; electrical conductivity: 0.93 mS/cm; dissolved oxygen: 6.23 ppm; ammonium 0.01 ppm. The results showed that for water consumption there is a significant difference between the treatments ( $p < 0.05$ ) and for the survival and mortality rates there is no significant difference between the treatments ( $p > 0.05$ ). With which, we conclude that the artisanal water recirculation system can be used to incubate embryonated eggs of nilotic tilapia, optimizing the use of water without affecting the productive parameters for the production of nilotic tilapia larvae and that it can be implemented by the producer. rural.

**Keywords:** Survival rate, embryo incubation, larval production, gray tilapia.

## 1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en los últimos años se ha posicionado como una de las actividades productivas que garantizan la sostenibilidad de diferentes sectores productivos, generando impactos tanto sociales como económicos a nivel local, nacional e internacional, aportando proteína de buena calidad. En el Perú la acuicultura en los últimos años ha sido declarado por el gobierno como un tema de interés nacional, fomentando dicha actividad con el otorgamiento de diferentes fuentes de financiamiento para el fortalecimiento de dicha actividad socio – económica, donde se tienen reportes que dicha actividad proviene de culturas ancestrales.

En la zona costera del sur del Perú, el desarrollo de la actividad acuícola no ha tenido un desarrollo importante en los últimos años, porque no se ha podido diversificar dicha actividad con especies que hayan podido adecuar una tecnología de producción que esté acorde con las condiciones ambientales y que se encuentre al alcance de los productores rurales o nuevos productores. Así mismo, existe la posibilidad de desarrollar la tilapicultura adaptando tecnologías que permitan dar las condiciones para un desarrollo acuícola de la tilapia, pero no existe un laboratorio de producción de semilla de tilapia que abastezca de semilla o que exista una tecnología que permita al productor rural poder acceder a la implementación de su propio laboratorio de producción de semilla, por los costos elevados que resulta la actual tecnología existente. Por lo cual, el presente trabajo evalúa la implementación de un sistema de incubación que optimice el uso racional del agua y que sea accesible para el productor rural, manteniendo porcentajes productivos aceptables de producción de semillas de tilapia, para lo cual se comparó el sistema tradicional de producción de semilla de tilapia con otro sistema donde se reutiliza el agua en un sistema de incubación artificial de embriones, para evaluar qué sistema de incubación tiene mayor eficiencia en el uso racional del gasto del agua, como una alternativa para obtener larvas con menor uso del recurso hídrico y al alcance de los nuevos productores rurales.

Los resultados obtenidos, demostraron la posibilidad de obtención de larvas de tilapia gris con menores volúmenes de recurso hídrico, producidos en incubación artificial, logrando obtener larvas viables, que puedan ser utilizadas en los siguientes estadios de vida.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

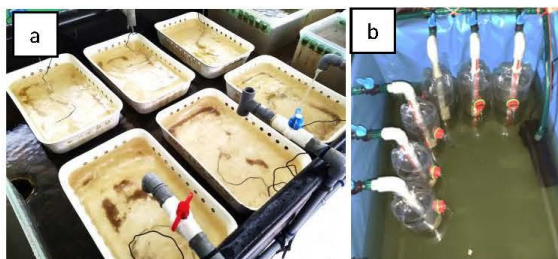
Se trabajó con embriones que fueron extraídos de sus progenitores, estando conformado por reproductores existentes del parque ecológico de la Municipalidad Distrital de Pacocha, Provincia de Ilo, departamento de Moquegua y también de los reproductores del módulo piscícola la balsa, de la Dirección Regional de la producción Cajamarca, ubicado en el centro poblado puerto internacional de la balsa, Distrito de Namballe, Provincia San Ignacio, Departamento Cajamarca

El trabajo de investigación se realizó en dos lugares: un sistema rústico de recirculación que estaba integrado por una bomba sumergible de  $2 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$  de caudal, con filtro de esponja de espuma con carbón activado, el cual enviaba agua hacia un circuito de incubadoras verticales, confeccionadas de botellas PET de de forma cilíndrica con prolongación de forma de parábola, que tenía un tubo central por donde fluía agua para que el movimiento a los embriones de tilapia gris, el cual también fue probado en el módulo piscícola la Balsa (Jaen - Cajamarca).

Se realizaron los ensayos de prueba del sistema artesanal de recirculación para 6 incubadoras de 2,5 litros de capacidad, el cual estaba integrado por una bomba sumergible de  $2,0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  que suministraba la caudal de agua hacia las incubadoras. Se seleccionó embriones, según las recomendaciones de Gonzales (2019), quien recomienda que, para el proceso de incubación artificial, se debe de considerar los embriones que presentan los puntos en los huevos (Estadio de desarrollo embrionario II), teniendo una densidad de 2000 embriones por incubadora, tanto para el sistema de recirculación rústico, como para el sistema de incubación horizontal (bandejas de incubación) (Fig. 1). Se trabajó con un diseño estadístico T – student para muestras independientes, con un nivel de significancia del del 95%.

Figura 1

*Sistema de incubación artificial para embriones de oreochromis niloticus "tilapia gris"*



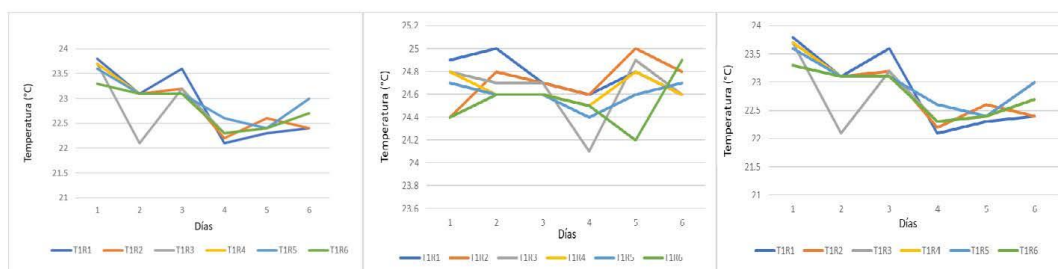
*Nota:* a) sistema de bandejas horizontales utilizadas para la incubación de los embriones.  
b) sistema artesanal con recirculación de agua, para incubación de embriones de tilapia.

### Parámetros físicos de la calidad del agua:

Se registró los valores de temperatura del agua, obteniéndose los siguientes registros durante el tiempo de incubación hasta la eclosión de las larvas de tilapia, para los dos sistemas de incubación artificial: Tratamiento 1: sistema de incubación tradicional en bandejas horizontales y Tratamiento 2: sistema de incubación artesanal, según la figura 2 y 3.

Figura 2.

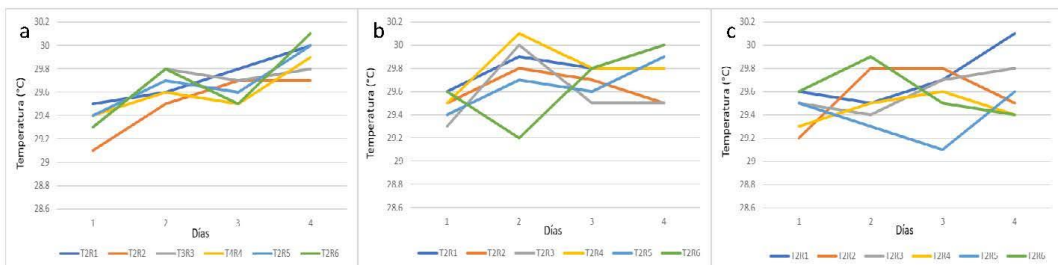
Valores de temperatura (°C) del agua, del sistema de incubación artificial en bandejas horizontales – tratamiento 1.



Nota: valores de temperatura del agua: a) 8:00 horas; b) 14 horas; c) 19 horas.

Figura 3.

Valores de temperatura (°C) del agua, del sistema de incubación artificial en incubadoras horizontales – tratamiento 2.



Nota: valores de temperatura del agua: a) 8:00 horas; b) 14 horas; c) 19 horas

Así mismo, se registró los valores de los parámetros químicos de calidad de agua del río Osmore y del río canchis que discurre por la quebrada el mango ubicado en el centro poblado puerto internacional de la balsa, distrito de Namballe, Provincia San Ignacio, Departamento de Cajamarca, siendo registrado los valores de oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>), potencial de hidrógeno (pH), Dureza (CaCO<sub>3</sub>), conductividad eléctrica (mS/cm), Amonio, según los valores promedios, como se indica en la tabla 1.

**Tabla 1.**

**Valores de los parámetros químicos, del agua**

<b>Análisis del río Canchis</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Conductividad eléctrica	0,93	mS/cm
<b>pH</b>	7,67	upH
Oxígeno disuelto	6,23	ppm
Amonio	0,01	ppm
Dureza	250	ppm
<b>Análisis del río Osmore</b>		
Conductividad eléctrica	1878	mS/cm
<b>pH</b>	8,1	upH
Oxígeno disuelto	5,12	ppm
Amonio	0,01	ppm
Dureza (llo)	750	ppm
<b>Metales totales</b>	<b>Límite de detección</b>	<b>Resultados</b>
Arsénico (As)	0,0005 mg/l	0,007 mg/l
Boro (B)	0,01 mg/l	1,29 mg/l
Cadmio (Cd)	0,00005 mg/l	< 0,00005 mg/l
Litio (Li)	0,00025 mg/l	0,11659 mg/l
Mercurio (Hg)	0,00005 mg/l	< 0,00005 mg/l
Silicio (Si)	0,01 mg/l	19,2 mg/l
Sodio (Na)	0,01 mg/l	171,0 mg/l
Zinc (Zn)	0,0005 mg/l	0,0054 mg/l

**Nota:** Resultados del análisis de calidad de agua, del río Canchis y Osmore incluyendo metales presentes.

**3. RESULTADOS**

**Gasto de agua en dos sistemas de incubación artificial.**

En la evaluación del volumen del agua que se gastó para la incubación de los embriones, los resultados indican que el sistema de incubación de bandejas horizontales con flujo de agua abierto, presentó un gasto total de  $16,02 \pm 3,55 \text{ ml s}^{-1}$  promedio, para el sistema de bandejas horizontales y un gasto total de  $2,16 \pm 4,10 \text{ ml s}^{-1}$  para el sistema de recirculación. Al realizar la comparación se obtuvo el valor de  $p < 0,05$  ( $p= 0,0001$ ) (Fig. 4 y 5),

Figura 4.

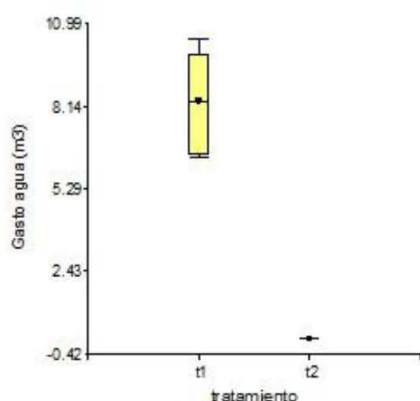
*Estadísticos descriptivos de la prueba T, para muestras independientes.*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)
tratamiento	Gasto agua (m3)	{t1}	{t2}	6	6	8.31	0.11
LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor
6.15	10.24	3.79	9.7E-05	<0.0001	10.30	5	0.0001

*Nota:* Se observa que el p-valor es estadísticamente significativo entre los tratamientos

Figura 5

*Valores medios de gráfica de cajas para las medias para el gasto de agua en los dos sistemas de incubación.*



*Nota:* Se observa el comportamiento de los valores medios en la gráfica de cajas, donde los bigotes no se cruzan entre los dos tratamientos

### **Tasa de eclosión de embriones de tilapia gris.**

La comparación de los valores registrados en las tasas de eclosión, de los embriones de los dos tratamientos demostraron que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentando un  $p > 0,05$  ( $p = 0,7384$ ) como se observa en la Figura 6,



presentando valores medios de  $93,25\% \pm 1,18\%$  y  $93,06\% \pm 0,83\%$  para los tratamientos 1 y 2, respectivamente (figura 7).

**Figura 6**

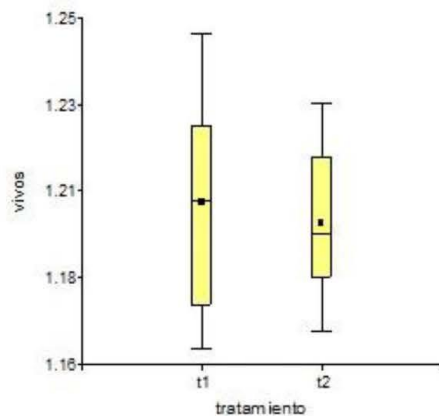
**Estadísticos descriptivos para la prueba T – student para los porcentajes de sobrevivencia**

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	
tratamiento	vivos	{t1}	{t2}	6	6	1.20	1.20	
LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
-0.03	0.04	1.1E-03	5.4E-04	0.4493	0.34	10	0.7384	Bilateral

**Nota:** se observa los diferentes estadísticos descriptivos para los valores de porcentaje de sobrevivencia

**Figura 7**

Valores medios de gráficos de cajas para las medias para las tasas de eclosión, en los dos sistemas de incubación



**Nota:** Se observa el comportamiento de los valores medios en la gráfica de cajas, donde los bigotes se cruzan entre los dos tratamientos, para las tasas de sobrevivencia.

### Tasa de mortalidad de embriones de tilapia gris

La comparación de los valores registrados en las tasas de mortalidad de los embriones de los dos tratamientos demostró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, presentando un  $p > 0,05$  ( $p = 0,7624$ ) como se observa en la Figura 8, presentando valores medios de  $6,75\% \pm 1,18\%$  y  $6,93\% \pm 0,83\%$  para los tratamientos 1 y 2, respectivamente (Figura 9).

**Figura 8**

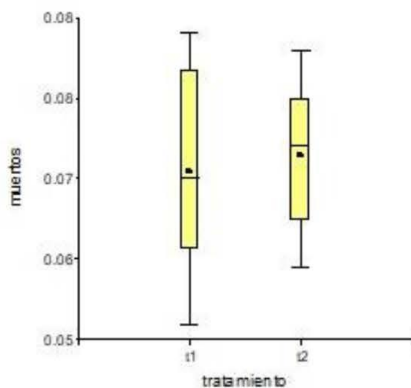
Estadísticos descriptivos para la prueba T – student para los porcentajes de mortalidad

*Nota:* se observa los diferentes estadísticos descriptivos para los valores de porcentaje de mortalidad.

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)
tratamiento	mueartos	{t1}	{t2}	6	6	0.07	0.07
LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor
-0.01	0.01	1.4E-04	7.1E-05	0.4807	-0.31	10	0.7624

**Figura 9**

Valores medios de gráficos de cajas para las medias para las tasas de mortalidad, en los dos sistemas de incubación



**Nota:** Se observa el comportamiento de los valores medios en la gráfica de cajas, donde los bigotes se cruzan entre los dos tratamientos, para las tasas de mortalidad.

#### 4. DISCUSIÓN

##### Parámetros físico químicos de calidad del agua de incubación

Los valores de los valores de temperatura, oxígeno disuelto del agua obtenidos, fueron los adecuados para los desoves de las hembras reproductoras, esto guarda relación con lo reportado por Fagbemi et al., (2021), quienes al investigar sobre el rendimiento en desove de diferentes poblaciones en el este de África, reportaron que la temperatura de incubación de embriones fue de  $30,6 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ;  $6,5 \pm 0,1 \text{ mg l}^{-1}$  para la concentración de oxígeno disuelto y  $6,8 \pm 0,7 \text{ upH}$ . Si bien es cierto que los valores de temperatura del presente trabajo difieren, guarda relación con el tratamiento 2 (sistema RAS), los valores del tratamiento 1 está dentro del rango de tolerancia y de desarrollo embrionario de la tilapia. Los valores bajos de temperatura del agua de incubación del tratamiento 1 (sistema de incubación de bandejas horizontales), es porque el agua de abastecimiento fue de un río, pero que no afectó la tasa de sobrevivencia entre los tratamientos y en relación al desarrollo embrionario, nuestro trabajo también coincide con los valores reportados entre 4-5 días de incubación desde estadio II, de desarrollo embrionario, según lo reportado con Velazco-Vargas y Martínez-Llorens (2020).

Así mismo, Khallaf et al. (2020), establece la influencia de la temperatura del agua, sobre los diferentes procesos fisiológicos durante cambios estacionales, sobre los diferentes parámetros productivos (incremento en talla, peso, factor de condición, índice gonado somático, fecundidad y proporción de sexo). En nuestro estudio, los valores de temperatura si bien es cierto presentaron fluctuaciones; estos valores estuvieron dentro del rango establecido para el proceso de incubación artificial. Esto es debido a que los valores de temperatura durante el proceso de incubación artificial estuvieron dentro del rango de tolerancia, lo cual se evidenció en una tasa de sobrevivencia y mortalidad no significativa entre los tratamientos, lo cual coincide con lo reportado por Alam et al., (2021), Malik et al. (2019) Henrique et al. (2019), quienes reportan rangos de valores de la temperatura del agua entre  $29^{\circ}\text{C}$  a  $31^{\circ}\text{C}$ ., para los laboratorios de producción de semilla no sólo para tilapia si no también para otras especies tropicales como la *Channa striata* (Muslin et al., 2018).

##### Tasa de eclosión

Piamsomboon et al. (2019), reportaron que tuvieron valores de tasa de eclosión del  $67,5 \pm 3,5\%$  utilizando para la fertilización semen fresco. lo cual son valores bajos en comparación con nuestra investigación, pero que coinciden con el volumen de las 2,5 l, incubadoras artificiales que utilizamos en el presente trabajo.

Según los valores de Velazco-Vargas y Martínez-Llorens (2020), quienes incubaron huevos fertilizados de *Oreochromis karongae* (tilapia) en jarras de incubación tipo McDonals de 2 L, mostraron un caudal de incubación de agua  $0,15 \text{ l s}^{-1}$ , lo cual difiere con nuestro trabajo considerando que el caudal de incubación en jarras verticales fue de  $0,016 \text{ l s}^{-1}$ . Así mismo, la densidad de incubación en nuestro trabajo difiere por cuanto fue mayor la cantidad de embriones incubados (2000 embriones) a diferencia de lo reportado que fue de 265 huevos fertilizados.

Las tasas de sobrevivencia estuvieron cercanas a lo aceptable a nivel productivo para este estadio de vida. Esto puede deberse a la calidad de los reproductores que estuvieron dentro del tiempo de performance reproductiva y también al manejo de los reproductores en el aspecto nutricional. Considerando que fueron alimentados con alimento extruzado de una marca comercial para reproductores, estos no influyeron negativamente sobre la calidad de los embriones que desarrollaron con normalidad. Esto coincide con lo reportado por Massamiyu et al., (2023), quienes establecen que la calidad de la proteína en el alimento influye sobre el desempeño reproductivo, estableciendo que la composición de amino ácidos esenciales presentes en el huevo y en etapa post larval, fue predominante para la lisina y el ácido glutámico fue el predominante para los amino ácidos no esenciales, no existiendo mucha información en relación al efecto de suplementar dietas con amino ácidos, sobre la composición amino ácido de los huevos y tejidos.

Así mismo, el momento de la eclosión no estuvo influido por la intensidad de luz para ambos tratamientos ni para ambos lugares de experimentación, lo cual coincide con lo reportado por Hiu et al. (2019)<sup>b</sup>, quienes reportan que la inestabilidad en el fotoperíodo retarda el momento de la eclosión (desarrollo embrionario).

Esto puede deberse a que tanto la intensidad de luz en diferentes tiempos de experimentación, coincidió en la misma estación de verano.

#### **Incubación artificial**

La técnica de extraer los huevos embrionados de la cavidad bucal del reproductor hembra, es una rutina que se realiza con el fin de tener una homogeneidad de la edad de la progenie, con el fin de estabular a los embriones según lo reportado por Perdomo-Carrillo et al., (2017), quienes al realizar el "destete" (extracción de los embriones), los clasifican en huevos sin eclosionar o en proceso de eclosión. Para el presente estudio, coincidimos con lo reportado (extracción de los embriones sin eclosionar) y para la clasificación del estadio de desarrollo de embriones se optó para seguir con lo recomendado por Gonzales (2019), quien recomienda incubar embriones en estadio de desarrollo embrionario intermedio (presencia de ojos en el embrión). Nuestros resultados muestran valores cercanos a los reportados por los autores referenciados. Sin embargo, para el proceso de incubación artificial, nuestro experimento difiere con lo establecido por Gonzales (2019), puesto que en nuestro estudio la incubación fue con incubadoras cónicas y con movimiento de agua en un sistema artesanal de recirculación y con mayor densidad a diferencia de la incubación sin movimiento de agua y con densidad baja. Con lo cual, demostramos que es posible combinar diferentes técnicas de manejo de embriones para el proceso de incubación artificial que garanticen el desarrollo normal de los embriones, con valores comercialmente cercanos a lo aceptable.

#### **Caudal del sistema de incubación**

Hui et al., (2018)<sup>a</sup>, reportan un caudal de  $8 \text{ l min}^{-1}$  para incubar  $1.4 \times 10^4$  huevos de tilapia, lo cual difiere con el sistema artesanal de incubación con sistema de recirculación, por cuanto el caudal utilizado ha sido 10 veces menos ( $0,13 \text{ ml s}^{-1}$  y en relación a la densidad, trabajaron con recipientes de 20 litros de capacidad lo cual está por encima de 20 veces comparado con nuestro trabajo (2,0 litros de volumen de incubación). Sin embargo, nuestros valores son cercanos a los porcentajes de sobrevivencia y mortalidad. Esto puede ser atribuido a la concentración de oxígeno presente en el agua, la cual estaba por encima de lo demandado para un buen desarrollo embrionario. Lo cual coincide con lo reportado por Omelas-Luna et al. (2017), quienes también evaluaron la utilizaron un sistema de recirculación, con bajo impacto al medio ambiente y manteniendo los valores productivos comerciales, pero en 1 ha de área para el cultivo de tilapia.

#### **5. CONCLUSION**

Los resultados demuestran que el sistema artesanal de incubación artificial con recirculación, representa menor gasto del recurso agua frente al sistema tradicional de incubación en bandejas horizontales, no afectando las tasas de sobrevivencia del embrión y manteniendo bajos porcentajes de mortalidad, con lo cual es posible implementarlo en zonas rurales, demandando un bajo consumo de energía y teniendo un bajo costo el implementarlo con el sistema artesanal de incubación artificial; siendo factible para el productor rural la implementación de dicho sistema para auto abastecerse de semilla, en lugares alejados y siendo este sistema amigable con el medio ambiente, en el uso del recurso hídrico.

#### **6. AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a la Universidad Nacional de Moquegua – Grupo de investigación en Acuicultura sostenible – GIACUIS-IINDEP-Vice presidencia de Investigación, a la Municipalidad distrital de Pacocha, Prov. Ilo, dep. de Moquegua, a la dirección regional de la producción (módulo piscícola la Balsa) – Cajamarca, por las contribuciones realizadas al presente estudio.

#### **7. CONTRIBUCION DE LOS AUTORES**

**Ehrlich Yam Llasaca Calizaya:** Elaboración del proyecto, ejecución del proyecto, análisis e interpretación de datos, levantamiento de observaciones.

**Elizabeth Norka Llasaca Calizaya:** Orientación en la ejecución del proyecto.

**Geiner Manuel Bopp Vidal:** Redacción y levantamiento de observaciones

**Eduardo Luis Flores Quispe:** Redacción, análisis e interpretación de datos

## 8. Conflicto de intereses

Los autores expresan que no hay conflicto de intereses al redactar el manuscrito.

## 9. Referencias Bibliográficas

- Alam S., S. Sarkar, M. Miah, H. Rashid. (2021). Management strategies for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) hatchery in the face of climate change induced rising temperature. *Aquaculture studies*, 21, 55-62. [http://doi.org/10.4194/2618-6381-v21\\_2\\_02](http://doi.org/10.4194/2618-6381-v21_2_02).
- Fagbemi, M. N. A., Oloukoule, R., Lederoun, D., Baglo, I. S., Melard, C., Laleye, P. A., & Rougeot, C. (2021). Comparative study of the breeding performances of five populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (F1) in an experimental on-growing system in Benin (West Africa). *Journal of Applied Aquaculture*, 00(00), 1–17. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1939223>
- Gonzales F. 2019. Efecto de la densidad de embriones de *Oreochromis niloticus* (tilapia gris), sobre la eficiencia de incubación, sin recambio de agua. Universidad Nacional de Moquegua.
- Henrique L., Y. Simões, R. Costa, P. Suzanna, R. Kennedy, Nilo Bazzoli and E. Rizzo (2019). Low salinity negatively affects early larval development of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: insights from skeletal muscle and molecular biomarkers. *Zygote*. page 1 of 7. doi: 10.1017/S0967199419000431
- Hui W., S. Wenjing, Z. Chuankun, P. Zhengjun, W. Nan. (2018)<sup>a</sup>. Determination and application of optimal combination of egg density and water flow rate in tilapia commercial incubation. *Aquaculture*. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.04.031
- Hui W., S. Wenjing, W. Long, Z. Chuankun, P. Zhengjun, Wu Nan. (2019)<sup>b</sup>. Light conditions for commercial hatching success in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 509 (2019) 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.027>
- Kallaf E., A. Aine-na-ei, F. El-messady, E. Hanafy. (2020). Effect of climate change on growth and reproduction of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) from Bahr Shebeen Canal, Delta of Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. Vol. 24(5): 483 – 509.
- Malik, A., G. Abbas, A. Fatima, A. Muhammad, K. Shabbir, A. Talpur, N. Kalhor, A. Memon, S. Shah. (2019). Comparative study to investigate the impact of salinity on breeding of tilapia-red (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*) and tilapia-Nilotica (*O. niloticus*) in Captivity. *Sindh Univ. Res. Jour. (Sci. Ser.)* Vol. 51 (01) 113-118. <http://doi.org/10.26692/sujo/2019.01.21>
- Massamiyu W., T. Pereira, D. Monroe. (2023). Requisitos de aminoácidos para la tilapia del Nilo: una actualización. *Animales*, 13, 900. <https://doi.org/10.3390/ani13050900>
- Muslin M., M. Fitrani, A. Medi. 2018. The Effect of Water Temperature on Incubation Period, Hatching Rate, Normalities of The Larvae and Survival Rate of Snakehead Fish *Channa striata*. *Aquacultura Indonesiana* 19 (2): 90-94. DOI : <http://dx.doi.org/10.21534/ai.v19i2.124>
- Ornelas-Luna, R., B. Aguilar-Palomino, A. Hernández-Díaz, J. Hinojosa-Larios, D. Godínez-Siordia. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27(5), 19-25. doi: 10.15174/au.2017.1231
- Piamsomboon P., N. Sirisopit, S. Sirivaidyapong, J. Wongtavatchai. (2019). Assisted reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Milt preservation, spawning induction and artificial fertilization. *AQUA* 634053. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.019>.
- Perdomo-Carrillo D., F. Perea-Ganchou, P. Moratinos-López, M. González-Estopiñán, Y. Reyna-Camacho. Corredor-Zambrano. (2017). Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (*Oreochromis spp.*) como estrategia productiva en tanques de concreto. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXVII, N° 6*, 393 – 402.
- Velasco-Vargas J., S. Martínez-Llorens. (2020). Establishment of temperature-dependent egg development rates hatchability and survival rate for *Oreochromis karongae* in a recirculating system hatchery. *Advances in Fishery, Aquaculture and Hydrobiology*. Vol. 8 (1), pp. 1 – 5.