

**MINISTERIO DE EDUCACIÓN**



**CARRERA DE INGENIERÍA EN  
ECOPISCICULTURA**

**EVALUACIÓN DE 3 TIPOS DE DENSIDADES DE  
SIEMBRA DE OVAS EMBRIONADAS DE TILAPIA  
(*Oreochromis niloticus*) EN UN SISTEMA “RAS” EN  
EL CENTRO DE INCUBACIÓN DE LA EMPRESA  
AQUANORTE LTDA., WARNES, SANTA CRUZ.**

**PERFIL DE TESIS:** PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN  
ECOPISCICULTURA

**PRESENTADO POR:** TEC. SUP. MARICEL ZURITA DELGADILLO

**ASESOR TÉCNICO:** ING. WALBERTO TABOADA. BARRIGA.

**TERRITORIO GUARANÍ – BOLIVIA**

## HOJA DE APROBACIÓN

EVALUACIÓN DE 3 TIPOS DE DENSIDADES DE SIEMBRA DE OVAS EMBRIONADAS DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN UN SISTEMA "RAS" EN EL CENTRO DE INCUBACIÓN DE LA EMPRESA AQUANORTE LTDA., WARNES, SANTA CRUZ.

**Presentado por:** Tec. Superior Maricel Zurita Delgadillo

---

Ing. Martin Arias Vaca

**Director Carrera Ingeniería en Ecopiscicultura**

---

Ing. Walberto Taboada Barriga

**Asesor Técnico**

---

Ing. Bautista Chávez Rivera

**Asesor Lengua Indígena**

---

Ing. Ervil Miasaki Burgos

**Tribunal Técnico**

---

Ing Pablo Humaza Machado

**Tribunal Técnico**

---

Mvz. Estela Rivero Guarayo

**Tribunal Lengua Indígena**

## DEDICATORIA

A Dios, por derramar sus bendiciones y por darme la fuerza para seguir adelante y continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que mi corazón puede emanar. De igual forma a mis padres: Salomón Zurita Soto y Alicia Delgadillo Baltazar, que han sabido formarme con buenos valores, lo cual me han ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino, por alentarme y enseñarme que, con esfuerzo, perseverancia se pueden alcanzar las metas en la vida. A mi familia y amigos en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos. A todos ellos les dedico mi tesis, por su infinita paciencia, enseñanzas, apoyo incondicional y comprensión. sin su eterna ayuda nada de esto sería realidad.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer A Dios infinitamente por darme la vida y la oportunidad de estudiar esta maravillosa Carrera.

A la Universidad UNIBOL guaraní y Pueblos de Tierras Bajas Apiaguaiki Tüpa, por abrirme las puertas para mi formación profesional en la carrera de Ingeniería en Ecopiscicultura durante los cinco años.

A mi padre Salomón Zurita Soto y madre Alicia Delgadillo Baltazar por su apoyo, confianza, por haberme inculcado los valores que guían mi vida, ser mi ejemplo a seguir y brindarme su amor incondicional y económicamente durante el periodo de mis estudios en la UNIBOL Guaraní y Pueblos de Tierras Bajas "Apiaguaiki Tüpa".

A mis tribunales Ing. Pablo Humaza Machado, Ing. Ervil Miasaki y al Téc. Estela Rivero Guarayo por su tiempo, sus conocimientos, amistad y apoyo durante la realización del trabajo.

A mis asesores ing. Walberto Taboada Barriga, Ing Alfredo Flores Tapia y Ing. Bautista Chávez por su tiempo, sus conocimientos, sabiduría, amistad y su gran apoyo y deseo de cumplir con su trabajo bien elaborado y valioso.

# ÍNDICE GENERAL

Pág.

<b>HOJA DE APROBACIÓN</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>III</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>IX</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XI</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1.- ANTECEDENTES .....	3
1.2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1.- Preguntas de la investigación. ....	5
1.3.- OBJETIVOS .....	6
1.3.1.- Objetivo general. ....	6
1.3.2.- Objetivos Específicos. ....	6
1.4.- JUSTIFICACIÓN .....	6
<b>II.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>9</b>
2.1.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN. ....	9
2.1.1.- Generalidades de la tilapia.....	9
2.1.2.- Taxonomía de la tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	9
2.1.3.- Morfología externa. ....	10
2.1.4.- Hábitos alimenticios. ....	10
2.1.5.- Alimentación de la tilapia. ....	10
2.1.6.- Selección de reproductores. ....	11
2.1.7.- Reproducción. ....	12
2.1.8.- Incubación. ....	13
2.1.9.- Sistema Intensivo. ....	15
2.1.10.- Sistema de Recirculación de Agua. ....	15
2.1.11.- Parámetros ambientales para su cultivo. ....	15
2.1.12.- Parámetros óptimos para la reproducción.....	16
2.1.12.1.- Oxígeno disuelto. ....	16
2.1.12.2.- Temperatura. ....	16

2.1.12.3.-	Potencial hidrógeno (pH).	17
2.1.12.4.-	Amoniaco.	17
2.1.13.-	Tasa de eclosión.	18
<b>III.-</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>19</b>
3.1.-	LOCALIZACIÓN/CONTEXTO.	19
3.2.-	CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.3.-	ALCANCES	19
3.3.1.-	Aspecto Económicos.	19
3.3.2.-	Aspectos científicos.	19
3.3.3.-	Aspecto ambiental.	20
3.4.-	HIPÓTESIS.	20
3.4.1.-	Hipótesis alterna.	20
3.4.2.-	Hipótesis nula.	20
3.5.-	VARIABLES	20
3.5.1.-	Definición de Variables.	20
3.5.1.1.-	Variable independiente.	21
3.5.1.2.-	Variable dependiente.	21
3.5.2.-	Operacionalización de Variables.	22
3.6.-	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	23
3.6.1.-	Diseño de tratamientos.	23
3.6.2.-	Aleatorización.	23
3.6.3.-	Tabulación y análisis de datos.	23
3.7.-	UNIVERSO, SUJETO Y MUESTRA.	24
3.8.-	MATERIALES	25
3.9.-	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	27
3.9.1.-	Instrumento de recolección de datos.	27
3.9.2.-	Técnicas de recolección de datos.	27
3.10.-	PROCEDIMIENTOS.	27
3.10.1.-	Procedimientos previos a la siembra de ovas.	27
3.10.2.-	Seguimientos y Monitoreo de las ovas embrionadas.	28
3.10.3.-	Recolección de muestras para la tasa de eclosión y supervivencia.	29
<b>IV.-</b>	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>30</b>
4.1.-	Evaluación de tasa de eclosión de ovas embrionadas	30

4.2.- Comportamiento de la calidad de agua en el ciclo embrionario de tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	32
4.2.1. Amonio (NH <sub>3</sub> ).....	32
4.2.2. Nitrito (NH <sub>2</sub> ).....	33
4.2.3. Alcalinidad (DKH).....	34
4.2.4. Salinidad.....	34
4.2.5. Temperatura.....	35
4.2.6. Potencial de hidrogeno (pH).....	36
4.2.7. Oxígeno Disuelto.....	36
4.3.- Mortalidad de las ovas embrionarias.....	37
<b>V.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>VI.- RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>VII.- PROPUESTA.....</b>	<b>44</b>
<b>VIII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>45</b>
<b>IX.- ANEXOS.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la tilapia.....	9
Tabla 2 Operacionalización de las variables .....	22
Tabla 3 Materiales y equipos de escritorio para la sistematización de datos.....	25
Tabla 4 Material biológico a utilizar durante la investigación. ....	25
Tabla 5 Materiales para la colecta de ovas .....	25
Tabla 6 Material requerido para la incubación. ....	26
Tabla 7 Equipos .....	26
Tabla 8 Insumo para la desinfección de las ovas. ....	26
Tabla 9 Comparaciones múltiples (Pruebas Post Hoc de Tukey).....	31
Tabla 10 Tasa de eclosión y mortalidad del ciclo embrionario de la tilapia en porcentaje..	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Croquis de campo. ....	23
Figura 2 Media porcentaje de tasa de eclosión de ovas embrionadas .....	30
Figura 3 Etapa embrionaria de la Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	32
Figura 4 Comportamiento de amonio (NH <sub>3</sub> ).....	33
Figura 5 Comportamiento del nitrito (NH <sub>2</sub> ).....	33
Figura 6 Comportamiento de la alcalinidad (DKH).....	34
Figura 7 Comportamiento de salinidad (SALT).....	35
Figura 8 Comportamiento de la temperatura (°C).....	35
Figura 9 Comportamiento del Potencial de hidrogeno (pH).....	36
Figura 10 Comportamiento del Oxígeno Disuelto (OD).....	37
Figura 11 Tasa de mortalidad del ciclo embrionario de la tilapia.....	38

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Localización del trabajo de investigación. ....	52
Anexo 2 Desinfección de la sala de incubación.....	52
Anexo 3 Activación de sala de incubación. ....	53
Anexo 4 Filtros del sistema RAS.....	53
Anexo 5 Termostato o calentador.....	54
Anexo 6 Manejo de reproductores.....	54
Anexo 7 Extracción de ovas.....	55
Anexo 8 Clasificación de ovas según estadio.....	55
Anexo 9 Limpieza y desinfección de ovas.....	56
Anexo 10 Medición de ovas con vaso graduado.....	56
Anexo 11 Conteo volumétrico de las ovas con tubo falcón.....	57
Anexo 12 Siembra de las ovas en las incubadoras.....	57
Anexo 13 Unidades experimentales.....	58
Anexo 14 Estadio 1 de ovas embrionadas.....	58
Anexo 15 Seguimiento microscópico del desarrollo embrionario de las ovas.....	59
Anexo 16 Desarrollo embrionario día 1.....	59
Anexo 17 Desarrollo embrionario día 2.....	60
Anexo 18 Desarrollo embrionario día 3.....	60
Anexo 19 Estadio 3, tercer día.....	61
Anexo 20 Desarrollo embrionario día 4.....	61
Anexo 21 Desarrollo embrionario día 5.....	62
Anexo 22 Ovas eclosionadas día 6.....	62
Anexo 23 Larvas de tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	63
Anexo 24 Migración de larvas.....	63
Anexo 25 Sifoneo de ovas blancas.....	64
Anexo 26 Conteo de ovas blancas (muertas).....	64
Anexo 27 Manejo de larvas de tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	65
Anexo 28 Pesaje de las larvas de tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	65
Anexo 29 Conteo volumétrico de larvas de tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	66
Anexo 30 Reactivos químicos de calidad de agua.....	66
Anexo 31 Multiparamétrico (AK88).....	67
Anexo 32 Toma de muestras de agua.....	67

Anexo 33 Lectura de Amonio (NH <sub>3</sub> ).....	68
Anexo 34 Lectura de oxígeno disuelto.....	68
Anexo 35 Valores de Amonio en ppm.....	69
Anexo 36 Valores de Nitrito en ppm.....	69
Anexo 37 Valores de Alcalinidad en ppm.....	69
Anexo 38 Valores de Salinidad en ppt.....	69
Anexo 39 Valores de potencial de hidrogeno (pH).....	70
Anexo 40 Valores de Temperatura en °C.....	70
Anexo 41 Valores de Oxígeno Disuelto en ppm.....	70
Anexo 42 Tabla de análisis de varianza.....	71
Anexo 43 Análisis de los parámetros fisicoquímicos del ciclo embrionario de tilapia.....	71

## RESUMEN

En la presente investigación se llevó a cabo la evaluación de tres tipos de densidades de siembra de ovas embrionadas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) bajo un sistema de recirculación de agua (RAS), el cual consistió en lo siguiente: se aplicó un diseño estadístico experimental unifactorial completamente aleatorio simple (D.C.A.) que corresponde al modelo estadístico lineal comprendido por tres tratamientos: Densidad 1 (100 ml = 10500 ovas embrionadas), densidad 2 (200 ml = 21000 ovas embrionadas) y densidad 3 (400 ml = 42000 ovas embrionadas) en incubadoras de tipo Mac Donald con capacidad de 3.6 litros de agua, en las cuales se sembraron las ovas fertilizadas de manera aleatoria, todas en unidades experimentales homogéneas con caudal de 10 l/min y sometidos bajo los mismos parámetros fisicoquímicos, a los cuales se aplicó 3 repeticiones por cada tratamiento. Transcurridos los 5 días de observación los cuales duró la incubación finalmente se pudo determinar que la densidad de siembra de los tres tratamientos en aspectos de calidad de agua no cambiaron durante la incubación, donde el oxígeno disuelto (OD) se mantuvieron en 6.9 mg/l, la temperatura en 27.95 °C, el Potencial de hidrogeno (pH) en 8.4, el nitrito (NO<sub>2</sub>) en 0.5 ppm, el amoniaco (NH<sub>3</sub>) en 0.0 ppm, la salinidad en 3.25 ppt y la alcalinidad de 116.9, se mantuvieron constantes, bajo estos parámetros, los tres tratamientos mostraron una tendencia directamente proporcional en la que a menor densidad de siembra de ovas , mayor la tasa de eclosión y con un análisis de varianza se determinó que el tratamiento 1 = Densidad 1 (100 ml = 10500 ovas embrionadas), cuenta con un 69 % de supervivencia con una relación 8:1 con la densidad de siembra del tratamiento 3 (400 ml = 42000 ovas embrionadas) a 61 %, por tanto estadísticamente y generalizando el trabajo experimental se concluye con un 95 % de confiabilidad que la densidad 1 (100 ml = 10500 ovas / 3,6 L) es la densidad que genera mayor tasa de eclosión, en comparación con los demás tratamientos lo que indica muy importante aplicar esta densidad en la incubación de ovas embrionadas de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

**PALABRAS CLAVE:** *Oreochromis niloticus*, Incubación, ovas embrionadas, sistema RAS, tasa de eclosión.

## I. INTRODUCCIÓN

Una de las actividades en las que el hombre realiza diferentes tipos de beneficios para su alimentación es el uso de los sistemas terrestres y acuáticos en los cuales realiza diferentes tipos de cultivo, sembrando plantas o criando animales, por esa razón es que como “La acuicultura es el proceso de cría para aumentar la producción; representando una gran oportunidad de establecer un suministro continuo de alimento. (Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2016). Siendo que este tipo de actividades como menciona la FAO no es dañino para el medio ambiente” sino que orienta la producción a terrenos pequeños sin muchos desechos sólidos o líquidos y en un corto tiempo con algunas especies utilizadas a nivel mundial como la tilapia.

Esta es una de las especies más estudiadas a nivel mundial, si bien es invasiva, tiene una gran característica, que si es controlada mediante producción alejadas de cuerpos de agua naturales y con la reversión de sexo puede ser una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para satisfacer la creciente demanda mundial de productos pesqueros, y esta se presenta como una alternativa de producción en el sector pesquero; la especie *Oreochromis niloticus*, debido a su rápido crecimiento, adaptación, hábitos alimenticios, facilidad de reproducción, su gran tolerancia a condiciones y factores extremos; lo convierten en una especie ideal para el cultivo en cautiverio, ofreciendo una ventaja importante a la producción pesquera (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero ( FONDEPES, 2014). Es, además, una de la especie que mejora la calidad de la alimentación de poblaciones con técnicas como los cultivos en estanques circulares con sistemas de recirculación de agua.

Su temprana reproducción ayuda a generar una capacidad de auto sustentabilidad en poco espacio para cumplir con la demanda alimenticia de países con poca disponibilidad de tierra es por eso que las tilapias son consideradas actualmente una de las especies de mayor importancia en los sistemas industriales de producción en el mundo, por sus características favorables de adaptación a un amplio rango de condiciones ambientales, habilidad para crecer en cautiverio con sistemas de alimentación artificiales, fácil reproducción, resistencia a enfermedades, tolerancia y desarrollo en condiciones de altas densidades (Agilar, 2010). Sin embargo, esa reproducción es controlada en su primer

estadio como post larval con alimento que ayuda a revertir su sexo y evitar que el rendimiento de la producción baje.

En Latinoamérica, países como Colombia, Venezuela, Perú, Brasil, Argentina, Ecuador, Chile y Bolivia producen la especie siendo importante para evitar la presión sobre especies de agua dulce en sus ríos naturales y satisfaciendo no solo el mercado interno, el cual está orientado al consumo de especies locales sino a la exportación en productos con valor agregado como el filete a países europeos y de Norteamérica. *Oreochromis niloticus* es clasificada como omnívoro, por consumir diversidad de alimentos naturales, basados en algas y otros organismos acuáticos microscópico ricos en proteínas, minerales, lípidos y vitaminas necesarios para su desarrollo (Sauceda, 2009). Esto es lo que caracteriza a la especie como intrusiva en medios naturales, sin embargo, los países mencionados controlan su producción en pozas y estanques circulares que no están cerca de cuencas endorreicas evitando causar daños con el medio ambiente.

Esta especie se reproduce rápidamente en gran cantidad debido a eso estudios realizados en Asia y Norteamérica empezaron a trabajar con la reversión sexual lo cual evita que estas especies se reproduzcan puesto que a una temprana edad de post larvas y durante la alimentación en algunos casos ya se realiza la conversión a machos evitando así que su rendimiento de esta especie pueda bajar debido a la gran densidad de siembra es por eso que estudios realizados en Brasil sobre este tipo de reproducción no solamente va dentro de lo que esta etapa post larval hasta juvenil de la especie sino que también ayuda a poder determinar qué factores pueden influir dentro de lo que es la tasa de eclosión y supervivencia de esta especie durante su etapa de ovas.

La etapa en la que las ovas eclosionan una vez que la especie realiza el desove que es de aproximadamente 5 días en los cuales se trabaja dentro de incubadoras para poder garantizar la mayor eclosión de estas especies y los parámetros fisicoquímicos que se encuentran dentro de estas incubadoras ayudan bastante no solamente a tener ovas fertilizadas en su mayoría en porcentajes mayores al 60% sino que también la supervivencia a partir del sexto día en el que se transforman en post larvas. En este sentido que estudios como el que se está realizando pretenden controlar la densidad de ovas sembradas dentro de un sistema de recirculación de agua para aumentar la eclosión y la tasa de supervivencia durante esta etapa de la reproducción de la especie Tilapia.

## 1.1. ANTECEDENTES

La tilapia es la segunda especie más producida en el sector acuícola después del salmón (de agua salada). Esto debido a su bajo costo de producción y su alto rendimiento en carne. El producto final tiene un alto consumo a nivel mundial, ya que cuenta con una carne blanca rica en aminoácidos esenciales, textura firme y sin espinas intramusculares. La alta capacidad reproductiva y precocidad de la tilapia conlleva al sobre poblamiento y da como resultado la producción de peces más pequeños y por lo tanto menos convenientes comercialmente; las poblaciones mono sexo son las más utilizadas para evitar este problema (Gómez, 2003).

La tilapia *Oreochromis niloticus* fue introducida al país desde la República del Brasil posiblemente por algunos colonos o algún otro particular durante la década de los 60, a continuación, fue nuevamente introducida por una organización religiosa con objeto de ayudar a poblaciones campesinas de una región tropical del departamento de La Paz. (FAO, 2000).

Años después (1990), la Universidad de San Simón (UMSS), en Cochabamba, con la cooperación de USAID inició el cultivo semi-intensivo de la tilapia nilótico, cuya meta fue la sustitución de los cultivos excedentarios de coca. A pesar del interés general por parte de los campesinos que no cultivaban la coca, USAID suspendió su apoyo. El año 1996, el proyecto ADEPESCA con el apoyo de la Comunidad Europea, brindó apoyo técnico y financiero para una serie de ensayos cuya meta era el desarrollo de paquetes de extensión (ADEPESCA, 1998).

En los últimos años se han realizado investigaciones orientadas a mejorar la producción de las tilapias, en aspectos relacionados con inversión sexual, nutrición, sanidad y genética (Torres, 2010), esto ha permitido mejorar los rendimientos en sistemas de producción intensivos (Dane, 2014).

Actualmente existe en nuestro mercado una creciente demanda de alevines machos de tilapia para engordar. La metodología ampliamente practicada por la mayoría de los laboratorios nacionales, es la de producir solamente individuos mono sexo machos, mediante la reversión sexual por hormonas (masculinización) (Baltazar, 2007).

Según datos del Centro de Investigación y Desarrollo Acuícola Boliviano (CIDAB) dependiente del MDRyT. La producción nacional solo cubre el 20% de la demanda, el 80% restante es importado de Perú, Brasil y Argentina. Distribuido entre supermercados, restaurantes entre otros.

Ante esta demanda, en el año 2015 la empresa Piscícola Aquanorte Ltda., inició sus operaciones, esto gracias a un estudio realizado en el cual se logró obtener parámetros importantes a tomar en cuenta para la producción como; que el costo de producción sea relativamente bajo, que el alevín sea rústico y soporte las condiciones del medio, que crezca en el menor tiempo posible, que el producto final tenga la menor cantidad de espinas posibles. Es por eso que en el año 2015 se dio inicio a la construcción de la planta de producción y mejoramiento genético de Tilapia, con el fin de cumplir con todas las expectativas de los productores bolivianos produciendo y comercializando con exclusividad alevines de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), LÍNEA TILAPIA PREMIUM AQUANORTE, con tecnología provenientes de países como México, Ecuador y Brasil, contando con profesionales encargados formados en la UNIBOL Guaraní y Pueblos de Tierras Bajas "Apiaguaiki Tüpa" .

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Se sabe que en la acuicultura existe la práctica de numerosos métodos para incubar ovas de tilapia, ya sea de manera artificial o natural, que requieren grandes gastos de dinero y tiempo. Estos métodos han sido usados simultáneamente en Tailandia y Brasil entre otros países, pero pocos han evaluado la tasa de eclosión de estas ovas y qué resultados ofrecen las diferentes cargas de incubación.

La baja tasa de eclosión, es uno de los principales problemas que conlleva a la empresa productora de alevines de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), a no generar ingresos económicos en su totalidad según la capacidad de producción que tiene la misma, esto debido a falta de uso de densidades de siembra adecuadas, lo cual provoca una mala calidad del agua por diversos factores, como ser: ovas no fertilizadas, elevación del amonio entre otros, causas que originan la baja tasa de eclosión de las ovas.

El diseño y uso de incubadoras acondicionadas en laboratorio intenta aumentar la tasa de eclosión de ovas embrionadas dándole un mejor manejo a la obtención de alevines ayudando a los acuicultores en el país a conocer el estado de sus cultivos.

Las problemáticas mencionadas, conlleva a efectos de pérdida económica sobre la producción de ovas embrionadas, siendo parte de muchos desafíos que presenta el sistema de producción e incubación artificial de semillas de tilapia en la empresa piscícola Aquanorte. Problemas resultantes para un operario de hatchery o centro de incubación de tilapia, que se han vuelto indispensables tratar de solucionar, aumentando la tasa de eclosión de ovas embrionadas la cual se habla muy poco.

Por tanto, frente al principal problema (bajo % de tasa de eclosión) se evaluó 3 tipos de densidad de siembra de ovas embrionadas en un sistema de recirculación (RAS), sobre la baja tasa de eclosión de ovas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), con un mínimo grado de manipulación, control de las condiciones físico-químicas del agua para la incubación y mejor monitoreo de las ovas en términos de producción.

#### **1.2.1.- Preguntas de la investigación.**

¿Qué efectos tiene las 3 densidades de siembra de ovas embrionadas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema de recirculación de agua (RAS) en el centro de incubación de la empresa Aquanorte Ltda., Warnes, Santa Cruz?

## **1.3.- OBJETIVOS**

### **1.3.1.- Objetivo general.**

Evaluar tres densidades de siembra de ovas embrionadas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema de recirculación de agua (RAS) en el centro de incubación de la empresa Aquanorte Ltda., Warnes, Santa Cruz.

### **1.3.2.- Objetivos Específicos.**

- Evaluar la tasa de eclosión de las ovas embrionadas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- Analizar el comportamiento de la calidad del agua en todo el ciclo embrionario de las ovas en los diferentes tratamientos.
- Determinar la tasa de mortalidad de las ovas embrionadas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

## **1.4.- JUSTIFICACIÓN**

Desde los años 90 especies acuáticas han sido introducidas dentro de lo que es Latinoamérica y en especial en nuestro país, esto no solamente ha significado que las especies que antes eran pescadas en ríos y lagos dentro de lo que es la Cuenca amazónica la Cuenca del Plata hayan reducido, generando mejor medio ambiente en estos cuerpos de agua, esto significa que el mercado interno que está aumentando cada año en cuanto a la adquisición de productos acuáticos por su alto contenido proteico es abastecido por especies locales, sin embargo existe también una demanda a otros países para exportar la especie generando una oportunidad para mejorar la calidad de vida e incrementar los ingresos económicos dentro de un país especialmente en comunidades que tienen una alta presión sobre lo que es su espacio territorial habiendo ocupado una mayor cantidad para la producción agrícola y desgastando los suelos lo que deja a las personas dentro de la comunidad con pocas oportunidades para poder tener un mejor desarrollo.

La especie Tilapia, es más utilizada en países como Brasil y Colombia que exportan el producto en filete o en conserva a mercados internacionales lo que incrementa la posibilidad de tener mayor ingreso en menor tiempo esto, debido a que en 6 meses se puede tener tilapias de 500 gramos, no solamente una producción sino dos en un año. Asimismo la especie al reproducirse a temprana edad ayuda a cubrir la alta demanda que existe para la producción de cultivos en estanques artificiales o circulares y que sean una alternativa que mejore la calidad de vida en cuanto a sus ingresos económicos no sólo de empresas como Aquanorte si no con el apoyo del municipio, la Gobernación, los ministerios y organizaciones no gubernamentales se pueda tener este producto con alto valor nutritivo dentro de las comunidades que ya no puedan usar la tierra para agricultura, tampoco ganadería y puedan gestionar mejor su territorio, siendo esto una opción no solo para mejorar el ambiente sino también cumplir con la seguridad y soberanía alimentaria teniendo un producto de calidad a corto plazo y pensando a largo plazo tener la oportunidad de darle un valor agregado como filete y tener la posibilidad de exportar el producto.

Es justo y preciso por este tipo de información acerca de la demanda del producto que se ve la necesidad de tener mayores alternativas para poder reproducir la especie es esta manera que se debe estudiar toda la etapa reproductiva en centros especializados para mejorar la economía de una comunidad de una región o del país generando principios del desarrollo sostenible y el Desarrollo Rural orientado a la autosustentabilidad mediante productos que son necesarios para abastecer mercados locales e internacionales. Si bien esta especie tiene un desove en miles de huevos por reproductor, pero, no el 100% de las ovas eclosionan y puesto a que existe una gran cantidad que no se fertilizan, razón por la cual se debe orientar estos estudios hacia el grado de eclosión de ovas embrionadas y además después de los 5 días en lo que tardan de eclosionar brindar un dato detallado en las condiciones en las que han eclosionado para poder evaluar y cuantificar la tasa de supervivencia, y cumplir con una demanda mucho más amplia que crece cada vez más a nivel nacional en la producción de esta especie.

El sistema de recirculación de agua cuya característica es poder realizar y controlar la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la alcalinidad, los nitritos y amoníaco debido a que se realiza una limpieza diaria o cada dos días y partiendo de esta investigación se pueda aplicar a otras especies para mejorar la eclosión y supervivencia de ovas fertilizadas, así mismo ayudará a comprender que factores constantes dentro de incubadoras como

diferentes densidades de siembra puedan incrementar la producción de alevines y abastecer la demanda de la especie tilapia como resultado final de la reproducción. Y empresas o instituciones que deseen realizar la reproducción puedan tener mejores resultados y con el paso del tiempo liberar la información a proyectos comunales orientados a mejorar la alimentación y la microeconomía a nivel local dando pase a una alternativa para trabajar dentro de la economía nacional.

La tilapia es una especie de ríos, lagos y con habitaad en aguas que sean propicias para su reproducción lo cual genera demanda de diferentes parámetros fisicoquímicos pero el oxígeno disuelto es uno de los que pueden ayudar al proceso de eclosión. En este trabajo no solo se determinará la tasa de eclosión y supervivencia, sino también la relación que existe de los parámetros de calidad de agua con estas tres tasas y tener un mejor análisis de lo que ocurre dentro de un ambiente controlado que pueda imitar el ambiente natural en los que esta especie tiene un alto grado de eclosión.

## II.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 2.1.1.- Generalidades de la tilapia.

Las tilapias son peces de origen africano, ampliamente distribuidas a nivel mundial especialmente en África, América del Sur y parte de la India. Pertenece a la familia *Cichlidae*, esta familia agrupa a los dos géneros más importante en acuicultura: Genero *Tilapias* y *Oreochromis* que agrupan a más de 100 especies, corrientemente ambos géneros son llamados Tilapias y caracterizada por el lugar de origen como Tilapia del Nilo, Tilapia del Congo. (Galli, 1989).

#### 2.1.2.- Taxonomía de la tilapia (*Oreochromis niloticus*).

La identificación taxonómica de la especie estudiada en la investigación se detalla a continuación

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la tilapia*

---

**Reino:** Animalia

**Phyllum:** Chordata

**Subphyllum:** Vertebrata

**Superclase:** Gnathostomata

**Clase:** Actinopterygii

**Subclase:** Actinopterygii

**Orden:** Perciformes

**Suborden:** Percoidei

**Familia:** Cichlidae

**Género:** Oreochromis

**Especie:** *Oreochromis niloticus*

---

**Fuente:** (Llanes & Toledo, 2006).

### **2.1.3.- Morfología externa.**

La tilapia nada bien en el agua con su cuerpo aplanado e hidrodinámico. Usa sus aletas apareadas para girarse y estabilizarse en el agua. El mayor impulso del pez en la natación proviene de los movimientos laterales de su aleta caudal (cola). En el exterior de la boca del pez hay dos pre-maxilas, una superior y otra inferior. Los dientes de las pre-maxilas sirven para raspar algas y otros microorganismos de las superficies de rocas y de otros objetos en el agua. La parte anterior de las aletas dorsal y anal cuenta con espinas rígidas y peligrosas al momento de manipular los peces en la mano. Con ejemplares mayores de unos 15 cm de largo y 50 g de peso se puede diferenciar los sexos de la tilapia comparando la morfología de sus orificios genitales. Los machos de tilapia crecen más rápidamente que las hembras. (Meyer, 2004).

### **2.1.4.- Hábitos alimenticios.**

Las materias primas vegetales surgen como una posibilidad en la composición de dietas para los peces disminuyendo los costos de producción en cultivo. (Pineda, 2012) afirma: “que estas especies son herbívoros con preferencia por material vegetal, posiblemente fitoplancton y microalgas”.

### **2.1.5.- Alimentación de la tilapia.**

Una característica común de las tilapias es la de fácil adaptabilidad o aceptación de dietas suplementarias artificiales en la ración. Por lo cual para su cultivo se puede emplear diversos tipos de alimento, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales. (Lorenzo, 2011).

(Saavedra, 2006) afirma; que, para los peces en diferentes estadios, se debe tener en cuenta el nivel de proteína con que se obtiene el máximo crecimiento. Así mismo, a medida que avanza el cultivo, este nivel de proteínas que produce máximo crecimiento disminuye con el incremento del peso del pez.

También se debe considerar que la elaboración de alimento balanceado para el cultivo intensivo de Tilapia, el suplemento de proteína puede llegar a representar más del 70% del costo total del alimento. Por otro lado, también se debe tener en cuenta que el nivel de proteína en la dieta se ve afectada por múltiples factores como son:

- El contenido de energía en la dieta
- El estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez)
- Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto)
- La calidad de proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales)
- Tasa de alimentación

#### **2.1.6.- Selección de reproductores.**

Es la selección consciente del mejor individuo o cohorte, para proporcionar una adecuada y correcta descendencia, por lo que es importante; que hayan tenido una alimentación baja en grasa, buena capacidad abdominal y un porcentaje de proteína cercano al 32% y otras características (Mariluz, 2007).

(ASTILAPIA, 2009) sostiene que, para la selección de reproductores, físicamente se deben tener en cuenta ciertos criterios como; tallas grandes, cabeza angosta, pecho grueso y estén sanos, sin parásitos ni malformaciones, entre otros.

Las tilapias poseen sexos separados, existiendo en muchos casos una clara diferencia entre macho y hembra durante el sexado, las hembras presentan tres orificios que conforman la papila genital, la uretra y el ano, mientras que el macho presenta dos orificios bajo el vientre; el ano y el orificio urogenital (Arboleda, 2006). La identificación de estos orificios se hace más difícil cuanto más pequeño sea el ejemplar es por eso que se recomienda usar; azul de metileno (FONDEPES, 2004).

### **2.1.7.- Reproducción.**

El macho establece su territorio de 20 - 30 cm de diámetro (Saavedra, 2006). Las hembras nadan cerca del el estimulando al macho, al estar maduras entran en lek y después de ser cortejadas por el macho, ovopositan en el nido, desovando 1-2 ovas por gramo de peso corporal (Castillo, 1989).

Las ovas son esféricas cubiertas por una membrana porosa, transparente y rugosa, que al entrar en contacto con el agua se distiende volviéndose tersa (Lovshin & Popma, 1996). Burrows, (1970) citado por (Villaruel, 2011), menciona que la membrana presenta un orificio llamado micrópilo que es penetrado por el espermatozoide para la fecundación. (Marcillo & Landivar, 2000) consideran que las hembras del género *Oreochromis* ejercen cuidados maternos a las ovas una vez fertilizadas, guardándolas en su boca para su incubación.

Antes de que lleguen a eclosionar las ovas, existe según, (Mendoza, 2011) pérdidas que comúnmente se dan por variaciones de temperatura, en algunos casos por las mismas tilapias que digieren algunas ovas accidentalmente durante la incubación bucal. (Little., 1995) sostienen que los daños físicos y asfixia los que estén expuestos las ovas, son producto del espacio reducido que ofrece la cavidad bucal de la hembra generando que las ovas estén en constante fricción entre ellas, dando como resultado un ambiente saturado para su desarrollo.

(CENDEPESCA, 2008) menciona que la incubación que realiza la hembra de *Oreochromis niloticus* dura 3 a 5 días dentro de su boca, por lo que durante ese periodo no comen. (Castillo, 1989) difiere manifestando que dura 72 a 96 horas aproximadamente, dependiendo de la temperatura. A mayor temperatura se acelera la embriogénesis acortando el periodo de incubación, pero posiblemente disminuyendo el porcentaje de sobrevivencia. (Pauly, 1993).

Durante la incubación, (Woynarovich & Horvath, 1980) afirman que existe una acumulación de temperatura en condiciones naturales de; 90 - 112 °C/ 3 - 4 días. (Baltazar P. , 2009); menciona que las tilapias obtienen tasas de eclosión naturalmente entre 0.8 a 0.95. Puede haber pérdidas en la tasa de eclosión si no se tiene control de los parámetros

físico-químicos y microbiológicos a la que estén expuestas las ovas, ocasionando su deterioro y en algunos casos mortalidades casi totales. (Guichenot, 1848).

Al terminar la incubación, se rompe la cáscara que envuelve a las ovas y nacen entre; 200 -300 larvas por hembra/ciclo (Cantor, 2007). Estas presentan una bolsa con vitelo adherida a su cuerpo, la cual permanece 5 a 7 días adicionales hasta absorber el 60 - 75 % y comiencen a nadar (Lopez, 1998). Las Larvas forman cardúmenes y regresan a la boca de la madre si el peligro asecha, pero cuando estas ya nadan y comen libremente solas, se disgregan prácticamente al cabo de unos diez días. (Hepher, 1991).

La hembra reanuda su actividad alimenticia y reacondiciona sus ovarios dentro 2 - 4 semanas para estar lista para una nueva puesta, acortando su ciclo reproductivo (Suresh, 2000), citado por (ISA, 2005). El macho permanece en su territorio cuidando el nido y es capaz de fertilizar las ovas de tres hembras más (una hembra realiza 8 -12 puestas en un año en condiciones favorables de temperatura y alimento), si es que no hay periodo de frío que suprima el desove. (CENDEPESCA, 2008).

#### **2.1.8.- Incubación.**

Las ovas son extraídas de la boca de la hembra reproductora, es decir al 5° o 7° día después de ser fecundadas (Rana K. , 1990), citado por (Prieto & Olivera, 2002). Se desinfectan las ovas por 10 minutos con soluciones: yodadas o formalina, para evitar infecciones bacterianas (*Aeromonas hydrophila* y *Pseudomonas fluorescens*) o hongos (*Saprolegnia sp.*, *Fusarium sp.* y *Trichoderma sp.*), disueltas en agua a una concentración de 1 ppm. (Rana, 1998) citado por (Prieto & Olivera, 2002).

Luego son llevadas a incubadoras que pueden ser de tipo bandejas, encontrándose con agua temperada a 28° - 29 °C (Prieto & Olivera, 2002) pero (Baltazar P. , 2009), recomienda que sean incubadas a 25° - 28 °C. La incubación se realiza según; (Macintosh y Little, (1995) con un flujo vertical (1 L/ min para 1000 ovas) simulando el movimiento en la boca de la hembra, evitando que se empocen en un solo lugar, debido a su tamaño (2-4 mm) y peso (3,8 - 7,8 mg).

En el caso de tanques de incubación estos están dotados de un flujo de aireación ascendente y renovaciones de agua frecuentes que aseguran una mejor homogenización y suspensión de las ovas, manteniendo el nivel de oxígeno disuelto al 80 - 100% de saturación (Silva, 2005).

En el hatchery de FONDEPES, la incubación practicada con la técnica del destete, registra mortalidades entre 5 al 15% (Baltazar, 2007). En otros casos de incubación artificial, pero de ovas de congrio colorado, con un sistema circuito abierto; (Guichenot, 1848), obtuvo una tasa de eclosión de; 0.827, a temperaturas optimas según la especie, concluyendo que las incubadoras artificiales optimizan el proceso de incubación, muy independientemente de que especie sea la ova.

Para (Baroiller., 1997) el desarrollo embrionario y la eclosión en incubadora tipo Mac Donald abarcan entre 30 - 40 horas y se puede llegar a obtener, según (Teran, 2013) una tasa de eclosión de ovas de 0.905 como mínimo y 0.908 como máximo, con un porcentaje de mortalidad para Baroiller, cercano al 5 - 8% o menos, con el agua manteniéndose a concentraciones de oxígeno no inferiores a los 5 mg/L e intensidad Luminosa tenue que para (Ridha & E.M., 2000) debe ser menor a 100 lux aproximadamente, en cambio para el (CENDEPESCA, 2008) las incubadoras tipo Cono tardan un periodo de 5 a 7 días.

(Baroiller, 1997) menciona que una vez formada la mayor parte del organismo (cabeza y cola, los ojos se hacen visibles), el embrión comienza a girar dentro del espacio perivitelino antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión según, (Mendoza, 2011) contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana de las ovas y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romper la cascara de la ova y salir fácilmente. Después de la eclosión (2-3 días desde que se pusieron a incubar), las larvas emergen a la superficie y van abandonando las incubadoras (Hepher, 1991). Finalmente, las larvas son atrapadas en su totalidad en un recipiente para mantenerlas por 4 a 5.5 días, tiempo que tardan en reabsorber su saco vitelino, ventaja que, según (Watanabe, 1992) solo ofrecen las incubadoras artificiales.

### **2.1.9.- Sistema Intensivo.**

En este sistema se requiere de un control completo sobre la calidad de agua, la disponibilidad del oxígeno, las especies sembradas y cosechadas, de igual manera todo nutriente necesario para un óptimo crecimiento y desarrollo de la especie. Se debe contar con grandes reservorios de agua, sistema de agua que permitan reciclar el agua y la utilización de aireadores en los estanques. Así mismo se debe garantizar el suministro de alimento extruido flotantes con niveles de proteína de 30 a 35 %. (SINOAGRO SC. 2007).

### **2.1.10.- Sistema de Recirculación de Agua.**

Los sistemas de recirculación en acuicultura (SRA), se basan en complejos diseños de ingeniería que están pensando para la depuración de las aguas y que son medianamente sostenibles, puesto que utilizan aproximadamente el 90 % menos de agua que otros sistemas convencionales, mediante una serie de tratamientos del agua de cultivo, se permite garantizar una buena calidad y que esta sea adecuada para el mantenimiento de los organismos acuáticos en sus diferentes estadías (reproducción, larvario, pre engorde y engorde), los componentes del sistema consisten, además de los tanques de cultivo de peces, en una unidad de tratamiento o filtros mecánicos ,biológicos, bombas y tuberías para el suministro y retomo del agua, siendo el corazón del sistema la unidad de tratamiento (Losordo, 2007).

### **2.1.11.- Parámetros ambientales para su cultivo.**

Para un óptimo crecimiento de la tilapia se requiere que el sitio de cultivo mantenga los siguientes valores medio ambientales. El rango óptimo de temperatura que fluctúe entre 20 a 30 °C, también pueden tolerar temperaturas menores de 15 °C, y el oxígeno disuelto en rangos de 2 a 3 mg/l. En lo que concierne al pH, los valores óptimos están entre 7 y 8, no pueden tolerar valores menores de 5, pero sí pueden resistir valores alcalinos de 11. La turbidez, la visibilidad del agua medida con el disco de Secchi, se debe mantener en 30 centímetros. Debe existir una buena luminosidad, puesto que la radiación solar influye considerablemente en el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, dando origen a la productividad primaria. (Saavedra, 2006).

## **2.1.12.- Parámetros óptimos para la reproducción.**

### **2.1.12.1.- Oxígeno disuelto.**

Las tilapias son capaces de sobrevivir con un requerimiento mínimo de concentraciones de oxígeno disuelto (0.5 - 1 mg/L) por periodos cortos, debido a la capacidad que posee su sangre para saturarse de oxígeno (Hepher, 1991), citado por (Villaruel, 2011). Normalmente para (Gonzales, 2005) es recomendable que se mantengan concentraciones de oxígeno por encima de 4.5 mg/L. Otros autores como; (Castillo, 1989) manifiestan que en la producción de ovas de la especie *Oreochromis niloticus*, el oxígeno debe mantenerse por encima de los 3 mg/L como rango ideal y finalmente (Tapia, 2004) que considera que este debe ser de 5.0 mg/L a más.

### **2.1.12.2.- Temperatura.**

Es uno de los parámetros externo que más influye en la regulación del ciclo reproductivo de la tilapia debido a que es un animal poiquiloterma es decir su temperatura corporal depende de la del medio. (Bardach, 1990).

El rango de temperatura para inducir la reproducción de esta especie varía entre 28-30 °C, siendo óptimo a 28 °C, por el contrario, a temperaturas debajo de los 20 °C, toda actividad reproductiva queda suspendida. (Gutierrez, 1998).

Se le considera un parámetro fundamental durante la incubación de ovas y es óptima entre 28-29 °C pudiendo lograr supervivencias cercanas al 80% (Prieto & Olivera, 2002).Durando la incubación bajo ese rango de temperatura; 96 horas, además se reportan variaciones en el periodo de incubación de 6 días a 20 °C y de 2 a 3 días a 34.5 °C. (ISA, 2005). La tilapia tiene un rango de tolerancia de 12- 42 °C, con un crecimiento de hasta, tres veces más rápido, si vive a temperaturas optimas (27- 32 °C) pero si estas tienen variaciones de hasta 5 °C puede provocar estrés y algunas veces la muerte (Colpos, 2008).

El incremento de la temperatura aumenta la tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno. (Little & Muir., 1987).

### **2.1.12.3.- Potencial hidrógeno (pH).**

El pH óptimo en las tilapias para favorecer directamente su desarrollo, debe estar en el rango de 7 a 9, ya que valores inferiores a ese rango, cercanos a 5 provocan muerte por fallos respiratorios en un periodo de 3 a 5 horas además despigmentación y aumento de secreciones como mucus en el tejido branquial (Huet, 1973). Otros autores como; (Lovshin & Popma, 1996) reportan que el rango de pH para tilapias se encuentra entre 6.5 a 8.5 siendo el óptimo 7.5. El pH puede ser alterado o modificado por la presencia de descomposición de materia orgánica y/o por la respiración excesiva de los peces (NICOVITA, 2000). Estos hechos producen Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y provocan que el pH disminuya a mayor concentración de (CO<sub>2</sub>) disuelto en el agua. (CENDEPESCA, 2008).

(Hickling, 1971) menciona que la letargia, inapetencia o disminución de las tasas de crecimiento, reproducción y supervivencia, son debido al pH. Estos pueden ser evitados si se tiene un pH óptimo de 6.5 a 9.0 (Cedeño 1993). Así mismo, el pH controla una amplia variedad de reacciones entre la forma no ionizada y la ionizada del amoníaco también nitritos, influyendo en su toxicidad. (Tomasto, 2004).

### **2.1.12.4.- Amoníaco.**

El amoníaco excretado es tóxico para las tilapias en concentraciones de 0.6-0.2 mg/L durante cortos periodos de exposición, el cual aumenta a bajas concentraciones de: oxígeno, pH alto (alcalino), temperaturas altas, ocasionando procesos patológicos en branquias y a concentraciones mayores afecta el sistema nervioso central, eleva la frecuencia cardíaca y respiratorias ocasionando mortalidades en el término de 2 a 3 horas (Timmons, 2002). En lo que se refiere a la incubación de ovas de tilapia se han considerado que los primeros casos de mortalidad ocurren luego de una prolongada exposición de concentración de amoníaco mayores a 0.2 mg/L. (Lovshin & Popma, 1996).

(Kinkelin, 1985) mencionan que la suma de los dos compuestos (NH<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se denomina amoníaco total o nitrógeno amoniacal (NAT) y debe permanecer por debajo de 1 mg/L, en donde el NH<sub>3</sub> es la forma que más toxicidad aporta al NAT. En general la tilapia que es un pez de aguas cálidas tolera mejor la toxicidad del amoníaco que otros peces. (García, 1985).

El nitrilo es el producto intermedio en el proceso de nitrificación del amoníaco a nitrato el cual se da relativamente rápido mediante ozono y bacterias nitrificantes presentes en el medio por lo que las tilapias estén expuestas a intoxicarse ya que es producido constantemente (Castillo, 1989). Cuando el nitrito ingresa al torrente sanguíneo de la tilapia, oxida el hierro de la molécula de hemoglobina desde el estado ferroso al férrico. El producto resultante se llama metahemoglobina y se encuentra a concentraciones máximas de nitrito de 0.5 mg/L. (Timmons, 2002).

Estudios realizados demuestran que exposiciones permanentes a concentraciones de nitrito de 5.0 mg/L a más, ocasiona problemas para transportar oxígeno a la sangre (ISA, 2005). Mantener concentraciones por debajo de 0.1 mg/L es muy provechoso para la calidad del agua y el desarrollo de las ovas durante la incubación, siempre y cuando se realicen constantes recambio y Limpieza de agua. (Cedeno., 1993).

#### **2.1.13.- Tasa de eclosión.**

La tasa de eclosión es utilizada en algunos casos como un indicador de éxito (Bromage & Cumaranatunga, 1988), citado por (Rosado, 2011). (Lanhsteiner, 2008) menciona que, para lograr estandarizar las condiciones reproducibles para la obtención de una tasa de eclosión aceptable, es necesario establecer producciones constantes con características de homogeneidad validada.

Para (Olivera, 2002) la traduce en términos de supervivencia, la cual puede ser determinada al final de la eclosión, teniendo como datos bases la cantidad de ovas obtenidas inicialmente, además está configurada como el colectivo de características que asociadas a la ova son determinantes para establecer su capacidad de sobrevivencia.

Aún con el evidente nivel de conocimiento y desarrollo práctico que se tiene de la especie *Oreochromis niloticus* en el manejo de la reproducción y los procesos de incubación que tienen como tarea la eclosión de ovas, se confirma que existen indicios de pérdidas que pueden alcanzarse hasta un 27% de mortalidad de ovas durante la incubación bucal practicada por la madre. (Prieto & Olivera, 2002).

### **III.- METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.- LOCALIZACIÓN/CONTEXTO**

El trabajo se realizó en las instalaciones del laboratorio de reproducción de la empresa AQUANORTE LTDA., ubicado en el municipio de Warnes carretera al norte, zona Juan Latino cuyas coordenadas geográficas son: 17°27'51" S y 63°12' 16"W 330 m.s.n.m.

#### **3.2.- CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, ya que la tasa de eclosión, estadios de las ovas y calidad de agua fueron registrados y cuantificados como se refleja en los resultados.

#### **3.3.- ALCANCES**

El alcance que brindó la investigación en los aspectos económicos, científico y ambientales se describen a continuación según la temática o problemática resuelta:

##### **3.3.1.- Aspecto Económicos.**

Con la incubación de alevines de tilapias en un sistema de producción intensivo, se contribuyó a incentivar a la sociedad de productores piscícolas a efectuar dentro de sus predios, proyectos abocados al uso adecuado de densidades de ovas y de esa manera mejorar la tasa de eclosión, trayendo consigo muy buenas retribuciones económicas para los emprendedores.

##### **3.3.2.- Aspectos científicos.**

Se contribuyó al conocimiento científico en el tema de producción intensiva de tasa de eclosión de acuerdo a la densidad en beneficio del Centro de incubación de la empresa Aquanorte Ltda. y la Universidad Indígena Boliviana UNIBOL Guaraní y Pueblos de Tierras Bajas "Apiaguaike Tüpa", dada la veracidad con los resultados que se obtuvo en este

estudio, ayudó a ambas instituciones a aplicar estos conocimientos científicos en la producción intensiva de Tilapias de manera eficiente, aplicando la apropiación de tecnología.

### **3.3.3.- Aspecto ambiental.**

Los sistemas de producción acuícola RAS, son muy ecológicos y están estrechamente relacionado con la sustentabilidad de la actividad piscícola, en este sentido dentro de esta investigación, se tuvo como visión a futuro fomentar a que la sociedad fortalezca este tipo de producción, tratando de esa forma pretender optimizar el uso del recurso hídrico.

## **3.4.- HIPÓTESIS**

### **3.4.1.- Hipótesis alterna.**

Al transcurrir la etapa de reproducción de la especie tilapia (*Oreochromis niloticus*) que es de 5 días, se determinará que en una de las 3 densidades de siembra que se aplica en incubadoras de 3.6 litros ésta incrementará la tasa de eclosión de las ovas embrionadas.

### **3.4.2.- Hipótesis nula.**

Al transcurrir la etapa de reproducción de la especie tilapia (*Oreochromis niloticus*) que es de 5 días se determinará que las 3 densidades de siembra que se aplica en incubadoras de 3.6 litros será la misma la tasa de eclosión y supervivencia de las ovas embrionadas con la misma cantidad de post larvas.

## **3.5.- VARIABLES**

### **3.5.1.- Definición de Variables.**

Una variable es cualquier condición susceptible de modificarse o de variar en cuanto a cantidad y calidad; La variable debe ser medible, es decir que se le puedan asignar símbolos por eso se define también a la variable como "una propiedad que adquiere

distintos valores" y como "un símbolo al que se le asignan números o valores". (Bisquerra, 1998)

#### **3.5.1.1.- Variable independiente.**

Es aquella de la cual depende la variable dependiente, y esta pueden ser antecedentes, causas o insumos. (Bisquerra, 1998).

Dentro de un sistema de recirculación de agua todos los parámetros fisicoquímicos se mantienen iguales y similares dependiendo cuál es la calidad de agua que nosotros queremos otorgar a una incubadora, en este caso lo que vemos es que la eclosión de ovas embrionadas estarán sometidas a condiciones similares, pero variando en 3 densidades de siembra lo que veremos si existe un mejor incremento en la supervivencia.

#### **3.5.1.2.- Variable dependiente.**

Es aquella que depende de otra variable, llamada independiente y que ésta puede ser efectos, resultados y productos. (Bisquerra, 1998).

La reproducción de la especie en cautiverio la tasa de eclosión y supervivencia es aproximadamente del 60% estas tasas son determinadas según el ambiente en el que se realizan y reaccionan a los cambios que nosotros podamos aplicar dentro de la investigación por esa razón los tratamientos aplicados en 3 densidades de siembra podrán realizar una variación en este grado de eclosión y supervivencia de la especie Tilapia en un sistema de recirculación de agua.

**Tasa de eclosión.** Según (Llasca, 2013) la tasa de eclosión está en función a la cantidad de ovas que se eclosionan entre el total de ovas desovadas así también esto ayuda y genera a poder calcular la tasa de supervivencia que está en función al número de larvas al concluir la eclosión de todas las ovas embrionadas entre el número de ovas dentro de la incubadora.

$$\text{T. E} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ovas eclosionadas}}{\text{N}^\circ \text{ de ovas desovadas}}$$
$$\text{T. E} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de larvas}}{\text{N}^\circ \text{ de ovas desovadas}}$$

### 3.5.2.- Operacionalización de Variables.

En el presente trabajo experimental, la variable independiente estuvo representada por el eje X (Densidad de siembra), 9 incubadoras con sus bandejas el cual da paso a la variable dependiente y en una representación gráfica de dos ejes ortogonales, fue representada en el eje de las abscisas, o eje Y (tasa de eclosión de ovas embrionadas).

**Tabla 2**

*Operacionalización de las variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Y= Tasa de eclosión	Se traduce en términos de supervivencia, la cual puede ser determinada al final de la eclosión, teniendo como bases la cantidad de ovas obtenidas inicialmente	Fue medida en porcentajes el cual se determinó la cantidad de ovas de tilapia eclosionadas (Larvas) para estimar la tasa de eclosión y el porcentaje de mortalidad, después del proceso de incubación	Uso de fórmulas	Conteo Volumétrico.	Escala de razón
X= Densidad de siembra	Es la manutención de cierta población (número) de ovas, en una determinada área por un período de tiempo dado.	La densidad de siembra fue expresada en biomasa por unidad de área gr/litro	Incubadoras 3,5 litros de capacidad	Gr/litro.	Escala de intervalo

### 3.6.- DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

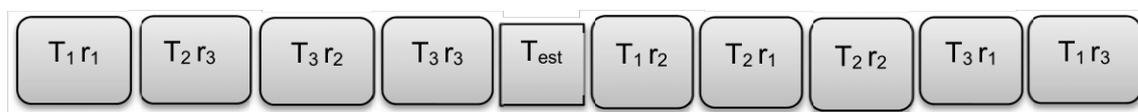
#### 3.6.1.- Diseño de tratamientos.

El diseño de tratamientos fue de la siguiente manera:

- T<sub>1</sub> 100 ml (10.500/3.6 L) huevos fertilizados de Tilapia.
- T<sub>2</sub> 200 ml (21.000/3.6 L) huevos fertilizados de Tilapia.
- T<sub>3</sub> 400 ml (42.000/3.6 L) huevos fertilizados de Tilapia.
- T<sub>est</sub> 300 ml (31.500/3.6 L) huevos fertilizados de Tilapia.

#### 3.6.2.- Aleatorización.

Debido a que las unidades experimentales (incubadoras) fueron homogéneas, la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se efectuó por un procedimiento completamente al azar sin restricción. En este orden el croquis del experimento o arreglo de campo que se muestra a continuación:



**Figura 1** Croquis de campo.

#### 3.6.3.- Tabulación y análisis de datos.

Para tabulación y análisis de datos se hicieron uso de las siguientes herramientas: IBM SPSS Statistics 25 y Excel 2016 con el fin de determinar si en uno de los tratamientos existió diferencia a causa del efecto de la densidad de siembra de huevos de tilapia por consecuencia de las variables independientes, los datos fueron sometidos o procesados al análisis de varianza (ANOVA de un factor), y Pruebas Post Hoc de Tukey para comparaciones múltiples.

El diseño que se aplicó a este trabajo fue el diseño experimental unifactorial completamente aleatorio simple (D.C.A.) que corresponde al modelo estadístico lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + E_{ij}$$

**Donde:**

**i** = 1,2,3 Carga de ovas (Tratamientos)

**j** = 1, 2,3 unidades experimental (Incubadoras de 3.6 L)

**Y<sub>ij</sub>** = índice de la tasa de eclosión de la i-ésima carga de ova en la j-ésima incubadora.

**μ** = Media global

**T<sub>i</sub>** = Efecto del i-ésimo Carga de ova

**E<sub>ij</sub>** = Error experimental asociado en la j-ésima incubadora con la i-ésima carga de ovas.

### **3.7.- UNIVERSO, SUJETO Y MUESTRA**

Universo; Según Alcaide, citado por (Balestrini, 2001) "(...) es cualquier conjunto de elementos de lo que se quiere conocer o investigar alguna o algunas de las características" es por eso que es la totalidad de individuos o elementos en los cuales puede presentarse determinada característica susceptible a ser estudiada. Se tomó como Universo 220.500 ovas fertilizadas de Tilapia.

Sujeto; Es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Lepkowski, 2008). Se consideró como sujeto de estudio ovas de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Muestra; para (Morles, 1994, pág. 54) es un "conjunto representativo de una universo o población". En este trabajo Número de larvas del universo total de cada uno de los 3 tratamientos (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>) con 3 repeticiones y un 1 testigo.

En razón se consideró que el muestreo fue probabilístico puesto que se realizó la medición y análisis con pruebas estadísticas, y que todos los elementos de la población tuvieron una misma probabilidad de ser elegidos, (...), así también esta se redujo al mínimo error llamado error estándar, (Johnson, 2014).

### 3.8.- MATERIALES

Para lograr resultados durante la investigación, se utilizó materiales y equipos de la empresa, los mismos que facilitaron la obtención, tabulación y procesamiento de datos *in-situ*, en tal sentido se menciona los insumos, materiales y equipos:

**Tabla 3**

*Materiales y equipos de escritorio para la sistematización de datos.*

Requerimiento	Justificación
Cuadernos	Cuaderno de 100 hojas
Computadora	Con PC de escritorio
Impresora	Impresora, para impresión a negro y a color
Planilla	Planillas de campo, para el registro
Bolígrafos	Bolígrafos tinta negra y azul

**Tabla 4**

*Material biológico a utilizar durante la investigación.*

Requerimiento	Justificación
34 reproductores de tilapia hembras	Con un peso 1.5 kg
17 reproductores machos	Con un peso de 2 kg

**Tabla 5**

*Materiales para la colecta de ovas*

Requerimiento	Justificación
Bolsón grande con malla de 1 mm	Captura de reproductores
Bolsones pequeños con malla de 1 mm	Captura de reproductores. Para aislar el área seleccionada
Malla de arrastre de 3 mm	para el manejo de la recolección de huevos
Bolsa de traslado	Para el traslado de las matrices a la jaula de descanso.
Saca peta con malla de 0.5 mm	Para la captura y manipulación de reproductores.
Saca peta con malla de 1 mm	Para la captura y manipulación de reproductores.

**Tabla 6***Material requerido para la incubación.*

Requerimiento	Justificación
Incubadora	Con capacidad de 3,5 litros
Vasos de conteo	Capacidad de 5 ml
Coladores medianos y grandes	De PVC y metálicos
Mangueras	Para sifonear de ¼ Plg
Bandejas de reabsorción	Capacidad de 10 litros
Vasos graduados	Capacidad de 1000 ml
Baldes	Capacidad 5 litros
Cepillo	Con cerdas delgadas

**Tabla 7***Equipos*

Requerimiento	Justificación
Microscopio	Objetivo de 100x junto con oculares de 10x o 15x
Oxigenador	Capacidad de 5 ml
Blower	Con capacidad de 0.8 Hp
Bombas eléctricas de agua	Capacidad de 1 Hp
Termostato	Capacidad de 220 voltios
Bombas de calor	Capacidad 220 voltios
Filtro de cartucho	Sistema RAS
Filtro químico de rayos UV	Sistema RAS
Filtro de arena	Sistema RAS
Filtro biológico	Sistema RAS
Filtro Cyclone	Sistema RAS
Multiparamétrico	Equipo con capacidad de lectura de (pH, OD, °T, carbonatos de calcio)

**Tabla 8***Insumo para la desinfección de las ovas.*

Requerimiento	Justificación
Amonio cuaternario	Para la desinfección de las ovas después de ser colectadas.

### **3.9.- TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.9.1.- Instrumento de recolección de datos.**

- Tubo falcón
- Vaso graduado
- Multiparamétrico
- Balanza de precisión
- Planillas de registros

#### **3.9.2.- Técnicas de recolección de datos.**

- Muestreo volumétrico
- Conteo de larvas
- Análisis estadísticos
- Análisis económico financiero.

### **3.10.- PROCEDIMIENTOS.**

Trabajar con la reproducción de una especie acuática en este caso como la tilapia (*Oreochromis niloticus*) necesita ciertos procedimientos que se ejecutan en diferentes tiempos. Para que exista una información más específica y detallada de cómo se obtuvieron los resultados se clasificó en 3 etapas: la primera son los preparativos que se realizan antes de introducir las ovas en las incubadoras, la segunda es el monitoreo y seguimiento que se realiza dentro del tiempo que dura la reproducción y por último la etapa en la que se aplica técnicas e instrumentos para la colecta de información necesaria para poder obtener los resultados de la investigación que a continuación se detallan los siguientes:

#### **3.10.1.- Procedimientos previos a la siembra de ovas.**

Inicialmente se toman medidas profilácticas para prevenir infecciones bacterianas en ovas y larvas con la desinfección de las incubadoras, bandejas y demás materiales a ocupar en la sala de incubación con amonio cuaternario a una concentración de 5 ml/L.

Una vez esterilizados el material que se usó, se activó la bomba de agua para el funcionamiento del sistema de recirculación en la sala de incubación, para este fin: 1) Se inició con el llenado de agua desde el tanque elevado con 2411 L de agua; 2) esta acción alimentó una de las cajas de agua con un capacidad de 650 L; 3) siguiendo una red de distribución de tuberías de 100 L que se distribuyó hacia: a) los filtros Cyclone de 50 L; b) arena 80 L; c) cartucho de 240 L; d) rayos UV y biológico de 600 L, finalmente el agua llegó a; e) las incubadoras cap. 3.6 L, con un caudal vertical de 10 l/min, y que pasan por rebalse hacia las bandejas, y posteriormente hacia; f) la segunda caja de agua, así completar el sistema de recirculación para la incubación de las ovas de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Al completar el sistema se inició el proceso de aireación del filtro biológico, añadiendo el compuesto nitrogenado hasta que los valores de amoníaco lleguen a 2 mg/L. y 0,5 mg/L de nitrito, de esta manera introducir bacterias nitrificantes para la maduración del filtro biológico de la sala de incubación por un tiempo de 7 días.

Después de madurar el filtro biológico se colectó las ovas embrionadas de la boca de 34 hembras previamente aisladas con 17 machos (relación 2:1) 2 hembras (3 ovas/gr de Biomasa) para un macho utilizando una Sacapeta y una malla de 0.5 mm de diámetro de luz.

### **3.10.2. Seguimientos y Monitoreo de las ovas embrionadas.**

Con las ovas ya colectadas se pudo dirigir hacia las incubadoras, para este fin lo primero que se hizo en esta etapa fue la clasificación de las ovas que consistió en agruparlas según sus estadios y separándolas en diferentes bolsones flotantes con aireación constante durante mientras dura la colecta.

Así mismo, luego de la clasificación se procedió a la limpieza de las impurezas y basuras adjuntas a las ovas, acción realizado con la ayuda de un colador, consecuentemente se desinfectó a través de un baño de inmersión durante 3 a 5 min con cloruro de sodio que como resultado elevó la salinidad del agua a 30 ppt.

Seguidamente se procedió al conteo volumétrico para trasladar las ovas a las incubadoras, distribuyéndolas en diferentes densidades de siembra de 10500 a 42000 ovas/incubadora (incubadoras de 3.6 L)

### **3.10.3.- Recolección de muestras para la tasa de eclosión y supervivencia.**

El análisis y cálculos de la tasa de eclosión y supervivencia necesitan de recolectar información del inicio y final de la variable de respuesta establecida previamente en metodología como el número de ovas eclosionadas y el número de larvas. De esta manera una vez que iniciaron a eclosionar pasaron a bandejas de reabsorción realizando periódicamente la limpieza de los filtros y de las bandejas con la ayuda de un cepillo, para obtener un mejor flujo de la recirculación del agua y proceder al sifoneo de las ovas en descarte para que esto no altere en la calidad del agua y produzca hongos.

Con la finalidad de evaluar los efectos que puede tener los parámetros fisicoquímicos del agua con la eclosión de ovas se utilizó el multiparamétrico AK88, lectura que se tomó diariamente como ser: pH, OD, amonio, nitrito, alcalinidad, temperatura y salinidad, que se registraron en planillas elaboradas para la presente investigación.

Finalmente, una vez eclosionadas las larvas, se procedió al conteo volumétrico de acuerdo a la fórmula de tasa de eclosión de (Llasca, 2013) se determinó la tasa de supervivencia en porcentaje, como se muestra en capítulo siguiente con el uso de figuras y cuadros.

## IV.- RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 4.1.- Evaluación de tasa de eclosión de ovas embrionadas

Con la intención de conocer 3 densidades de siembra de ovas embrionadas, con 100 ml (10500 ovas/3.6 L), 200 ml (21000 ovas/3.6 L) y 400 ml (42000 ovas/3.6 L), tomando en cuenta que en la actualidad la densidad de siembra utilizada para esta etapa en la empresa Aquanorte LTDA. de la especie tilapia (*Oreochromis niloticus*) es de 300 ml (31500 ovas/3.6 L) en incubadoras Mac Donald, en condiciones de laboratorio en un Sistema de recirculación (RAS) que cuenta con calefactores, filtros Cyclone, filtro de arena, filtro cartucho, Rayos UV y filtro biológico. En el mismo ambiente, con las mismas condiciones tecnológicos se analizó otras densidades para ver la respuesta de tasa de eclosión en esta especie.

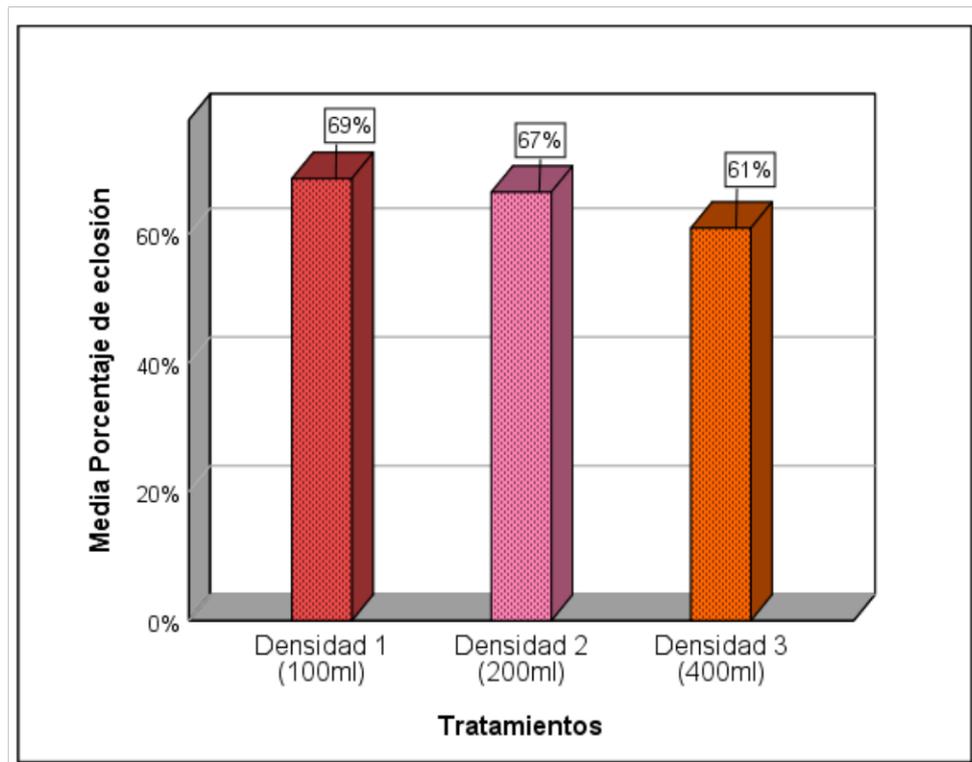


Figura 2 Media porcentaje de tasa de eclosión de ovas embrionadas

El porcentaje de eclosión de ovas embrionadas de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), según los tratamientos de incubación que se les designo fueron promediados como se

muestra en la figura 2 en los siguientes valores 69%, 67% y 61%, para los tratamientos: Densidad 1 (100 ml), densidad 2 (200 ml), y densidad 3 (400 ml) respectivamente.

A través del análisis estadístico ANOVA con apoyo de la tabla de Fisher a una confiabilidad del (0.05 al 95%) se demostró (Probabilidad de  $F = 5.41 > F_{cal} = 0.66$ ) (ver anexo 42), que existe una significancia entre los tratamientos. Por tanto, se procedió a verificar en la tabla 9, con las pruebas Post hoc de comparaciones múltiples de Tukey con una confiabilidad (alfa = 0.05). se evidencia que el tratamiento con mayor porcentaje de eclosión a un 69 % es la densidad 1 (100 ml).

**Tabla 9**

*Comparaciones múltiples (Pruebas Post Hoc de Tukey)*

Porcentaje de eclosión			Subconjunto para alfa = 0.05
	Densidad de siembra	N	1
HSD Tukey	Densidad 3 (400 ml)	3	61
	Densidad 2 (200 ml)	3	67
	Densidad 1 (100 ml)	3	69
	Sig.		0.539

El ciclo de eclosión de las ovas de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) es de 5 días y en el transcurso de la investigación se observó que las ovas empezaron a eclosionar del día 4 al día 5 en su totalidad. En la figura 3, en el grafico se demuestra en el seguimiento diario durante la incubación artificial que el tratamiento con una mayor eclosión, es la densidad de 100 ml (10500 ovas/3.6 L), con un 69 % de eclosión, sin embargo, mediante las líneas de tendencia se manifiesta que a medida que la densidad de siembra aumenta, la eclosión es menor, lo que significa que existe algún tipo de factor que genera este bajo índice de eclosión, como en los tratamientos de 200 ml (21000 mg/L) y 400 ml (42000 mg/L) cuyo índice de eclosión fue del 67% y 61% respectivamente sin cambios aparentes visualmente, pero estadísticamente si varían como se expone en la tabla 9.

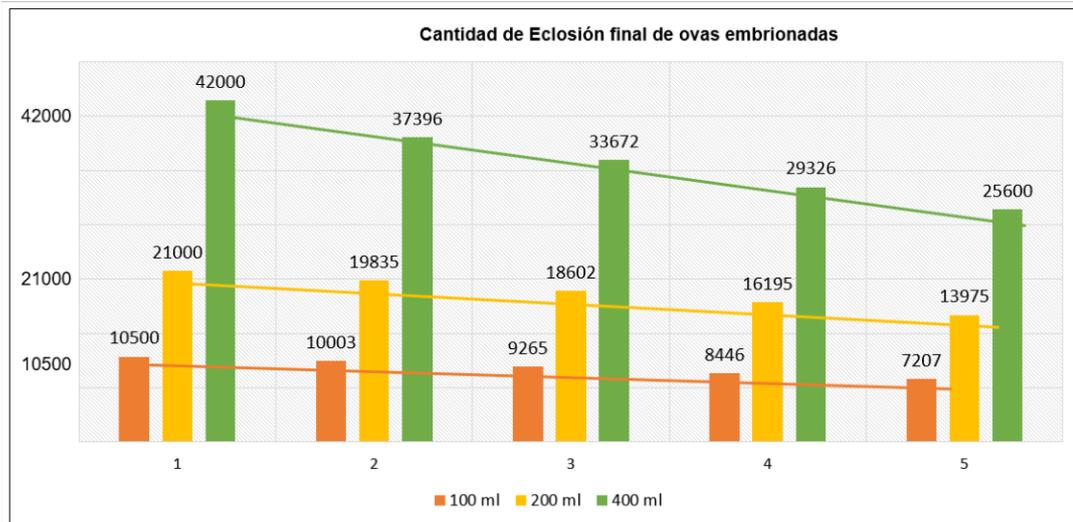


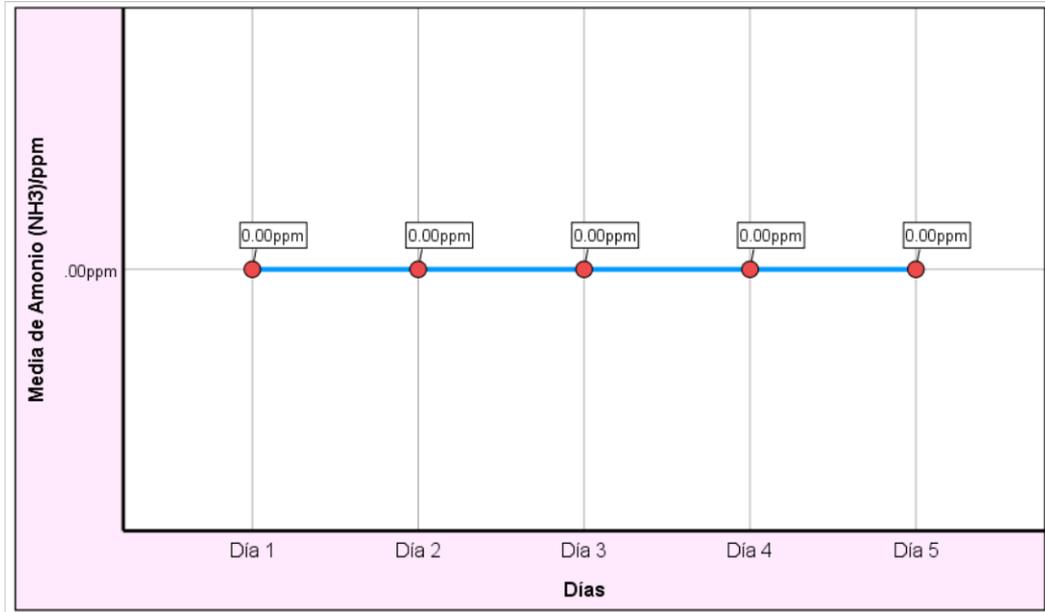
Figura 3 Etapa embrionaria de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

#### 4.2.- Comportamiento de la calidad de agua en el ciclo embrionario de tilapia (*Oreochromis niloticus*)

En este punto se analizará los parámetros con su respectiva evaluación con un kit de parámetros fisicoquímicos que en anexos 43 se muestra una tabla general con valores máximos y mínimos, llegando a determinar que no existió diferencias entre los tratamientos. Paralelamente se dio profundo seguimiento a cada parámetro por día y promediándolo, tomando en cuenta que es un Sistema Ras:

##### 4.2.1. Amonio (NH<sub>3</sub>).

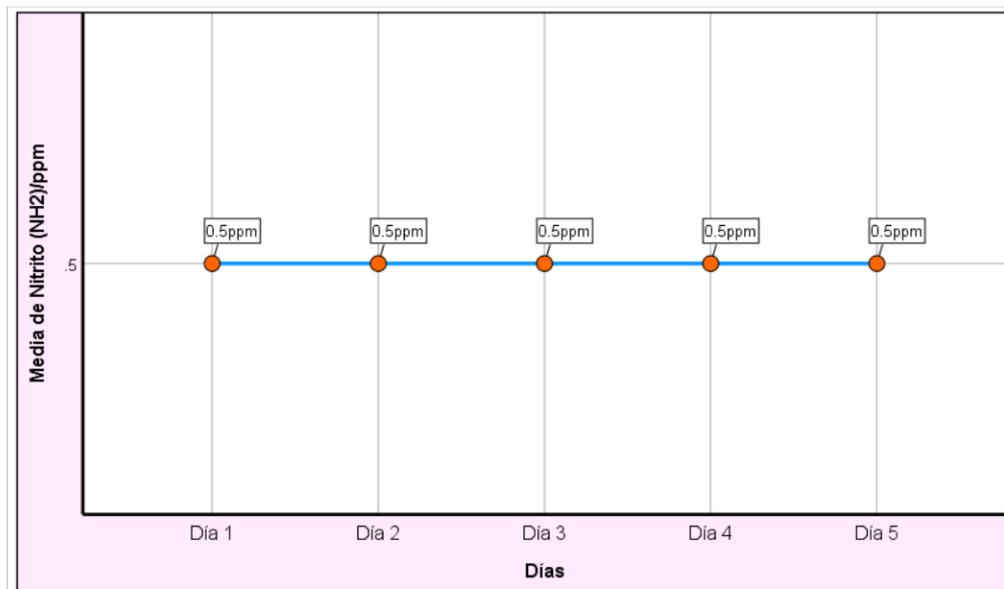
Uno de los principales problemas en la piscicultura es el amonio que genera una mala calidad de agua y con un nivel alto de toxicidad para los peces, en la figura 4 se observa los resultados obtenidos en todos los tratamientos y los días de toda la investigación el amoniaco no sufrió cambios, por lo que se mantuvo oscilando en valores promedios de 0 ppm (ver anexo 35).



**Figura 4** Comportamiento de amonio (NH<sub>3</sub>).

#### 4.2.2. Nitrito (NH<sub>2</sub>).

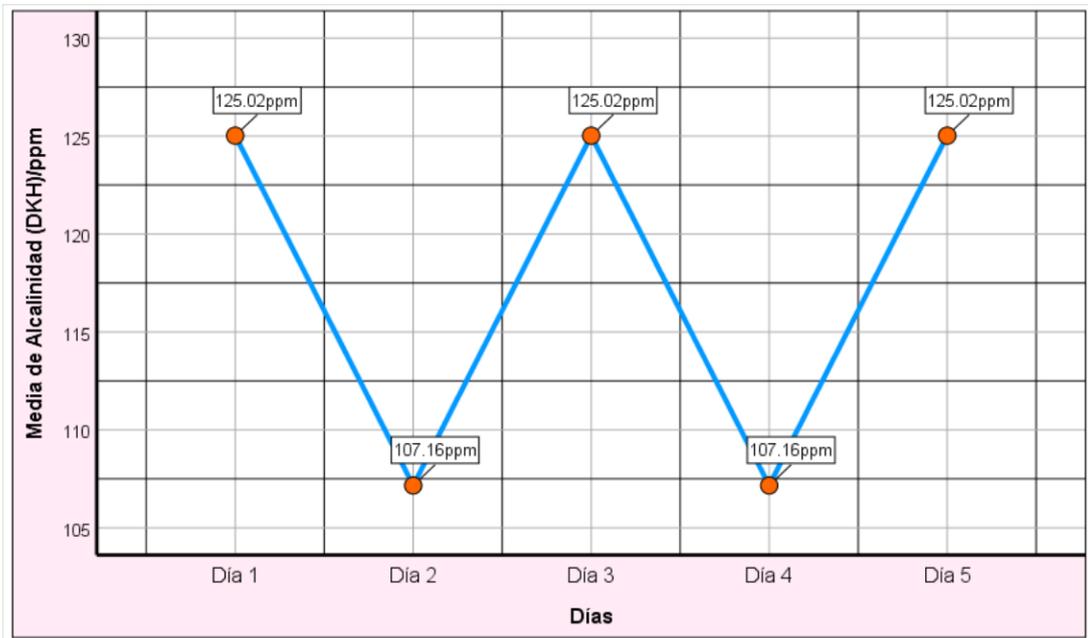
Las concentraciones del nitrito se mantuvieron constante en promedios de 0.5 ppm (ver anexo 36), valor que se encuentra dentro del rango de calidad de agua para la especie *Oreochromis niloticus*. Como se demuestra en la figura 5.



**Figura 5** Comportamiento del nitrito (NH<sub>2</sub>).

### 4.2.3. Alcalinidad (DKH).

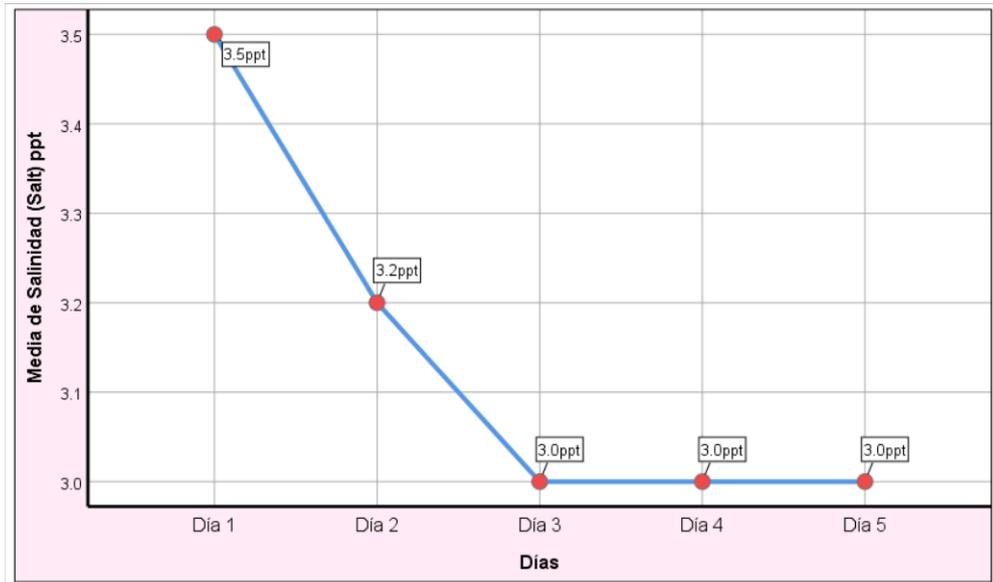
A continuación, se expresa los valores de alcalinidad difiriendo del día 1 con promedios de 107.16 a 125.02 ppm hasta el día 5 (ver anexo 37) este parámetro ayuda a la especie a obtener minerales para su desarrollo, para apreciar de la mejor manera lo representamos el grafico en la figura 6.



**Figura 6** Comportamiento de la alcalinidad (DKH).

### 4.2.4. Salinidad.

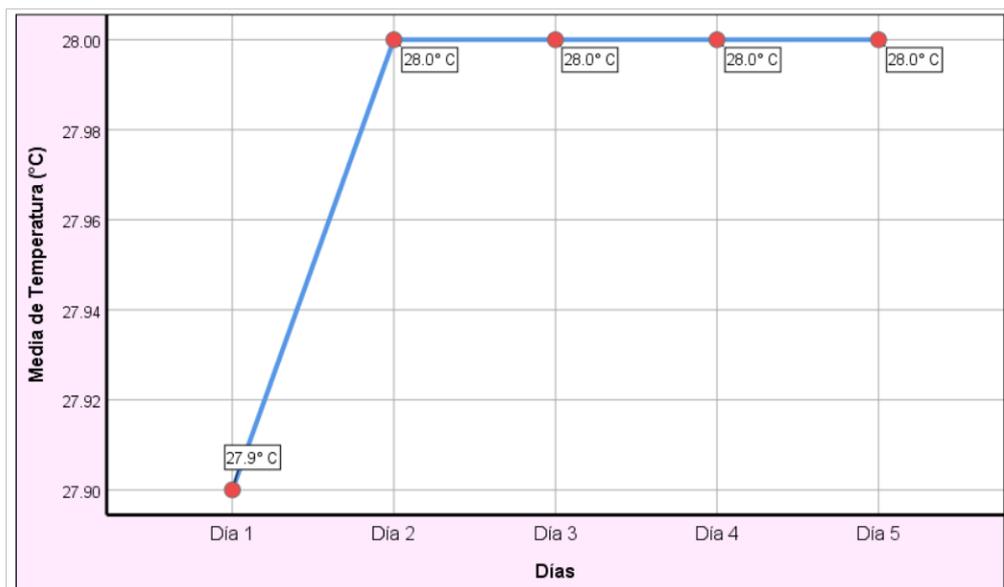
La salinidad (ver anexo 38), al mantenerse constante con un valor de 3 a 3.5 ppt, son parámetros permisibles para la producción de tilapia lo que explica la efectividad del sistema de recirculación de agua, pero no en la tasa de eclosión de ovas embrionadas, como se plasma en la figura 7.



**Figura 7** Comportamiento de salinidad (SALT).

#### 4.2.5. Temperatura.

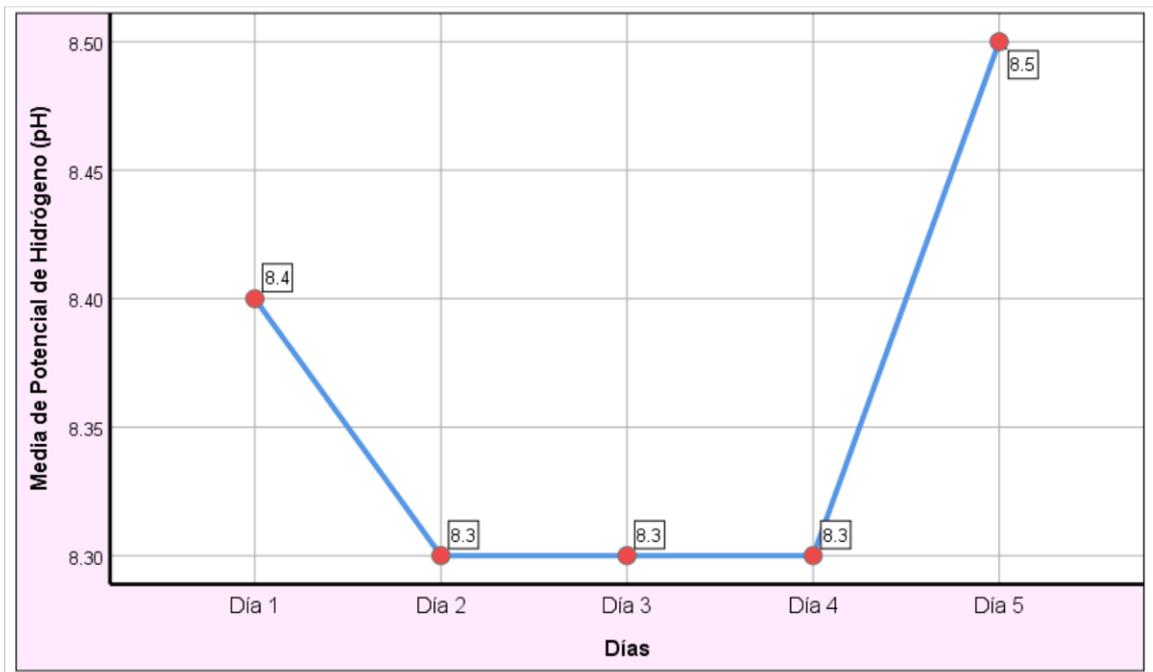
Los valores globales de la temperatura en los tres tratamientos durante los días de seguimiento se mantuvieron en promedios de 28 °C, por tanto, estuvieron en los parámetros permisibles como lo menciona (ver anexo 40) y al mismo en la figura 8, el grafico demuestra el comportamiento de la temperatura.



**Figura 8** Comportamiento de la temperatura (°C).

#### 4.2.6. Potencial de hidrogeno (pH).

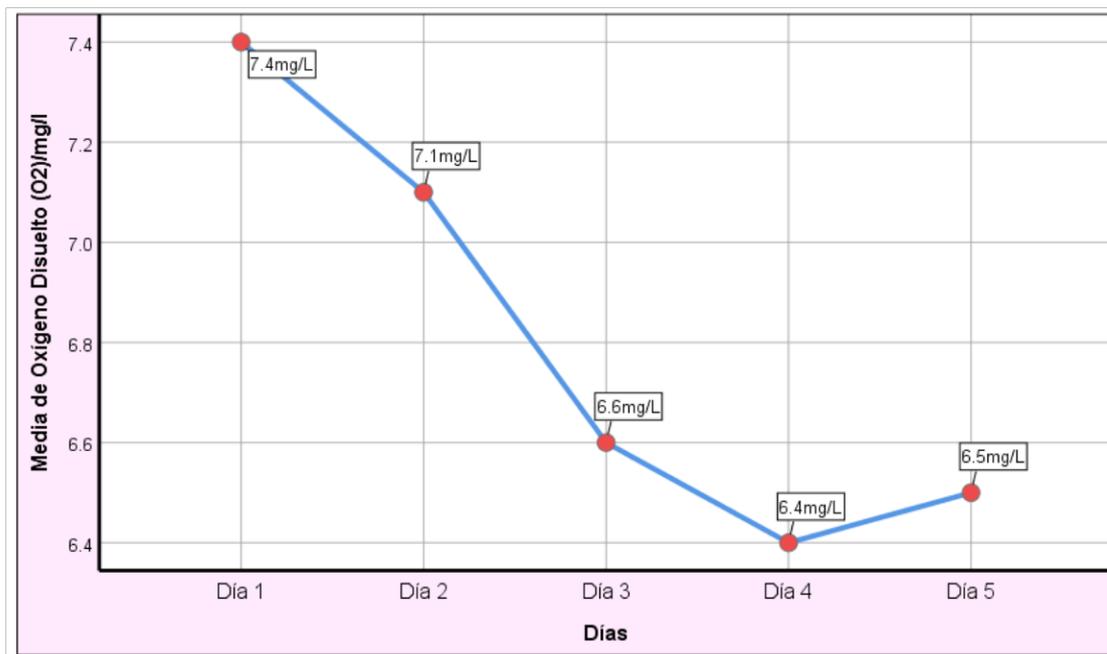
Como se observa en la figura 9, el pH (ver anexo 39) en las 3 densidades de siembra, presenta un incremento de 0.2 (de 8.3 a 8.5), este promedio también se mantiene en los rangos permisibles en una incubación de ovas embrionadas de la especie tilapia, lo que indica tampoco genera cambios en la eclosión.



**Figura 9** Comportamiento del Potencial de hidrogeno (pH).

#### 4.2.7. Oxígeno Disuelto.

Por último, se expresa el oxígeno disuelto con una reducción de 7.4 a 6.4 ppm en todas las densidades de siembra claramente se determina por la demanda biológica de oxígeno de la tilapia (*Oreochromis niloticus*). Por tanto, se puede evidenciar el comportamiento desde el inicio de la investigación hasta el final que es el día 5, como se denota en la figura 10, representados gráficamente.



**Figura 10** Comportamiento del Oxígeno Disuelto (OD).

Este análisis puede explicar la baja tasa de eclosión de las ovas fértiles, puesto que es muy posible que el oxígeno disuelto puede incrementar la eclosión de las ovas, es decir, que si en la densidad de siembra de 42000 ovas/3,6 L se hubiera administrado mayor oxígeno existiría en teoría mayor eclosión, esto claramente es el inicio de otra investigación, dado que este fue el único parámetro que se redujo a medida que las ovas eclosionaban. Pero, para esta investigación la densidad de siembra con un rango de oxígeno disuelto de 6.4 a 7.4 ppm es considerada como óptima para la densidad de siembra de 10500 ovas/3,6 L. (ver anexo 53).

#### **4.3.- Mortalidad de las ovas embrionarias**

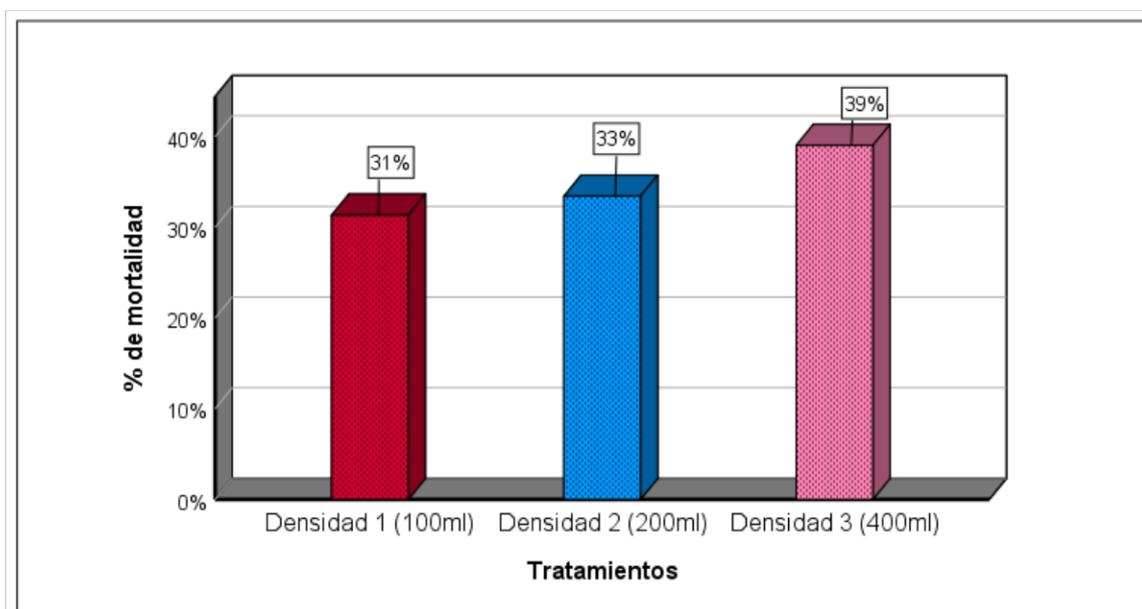
La mortalidad en la piscicultura es la derivación de muchos factores ambientales. Para este fin se analizó mediante una tabla de análisis de varianza (ver anexo 42) según el diseño experimental utilizado, cuyos resultados se plasman en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Tasa de eclosión y mortalidad del ciclo embrionario de la tilapia en porcentaje*

<b>Análisis de Varianza</b>	<b>100 ml</b>	<b>200 ml</b>	<b>400 ml</b>
Repetición 1	70	75	50
Repetición 2	70	65	74
Repetición 3	65	60	59
Tasa de eclosión	69	67	61
Tasa de mortalidad	31	33	39

Mientras se desarrollaba el trabajo de investigación bajo el estricto control de los parámetros físico-químicos en el sistema de recirculación de agua y un caudal vertical de 10 L/ min sobre las incubadoras Mac Donald durante 5 días (6 contando el día de la siembra en la incubadora) se determinó que a medida que se incrementa la densidad de siembra la tasa de eclosión disminuye y la tasa de mortalidad aumenta lo que significa que es directamente proporcional, como se demuestra en el siguiente gráfico:



**Figura 11** Tasa de mortalidad del ciclo embrionario de la tilapia.

Por tanto, se demuestra que la tasa de mortalidad en 100 ml (10500 ovas/3,6 L) es la densidad de siembra que tiene el mayor grado de eclosión lo que comprueba que tiene mayor índice de supervivencia en una relación 2:1 con la siembra 200 ml (21000 ovas/3,6 L) y una relación de 8:1 con la siembra 400 ml (42000 ovas/3,6 L), es decir, que a medida

que se realice la siembra en estas densidades, se perderá 1 y 8 ovas embrionarias en densidades mayores, generando una mayor pérdida económica

En esta investigación al evaluar la tasa de eclosión de ovas embrionadas de la especie tilapia (*Oreochromis niloticus*) se pudo encontrar que el valor (Probabilidad de  $F = 5.41 > F_{cal} = 0.66$ ) lo que nos da entender es que existe una significancia media entre los tratamientos. Frente a estos resultados se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna de la investigación. Por tanto, con las pruebas de comparaciones múltiples de Tukey con una confiabilidad (alfa = 0.05). se comprueba el tratamiento diferente con mayor porcentaje de eclosión a un 69 % es la densidad 1 (100 ml), a diferencia de los otros tratamientos de 200 ml y 400 ml que tuvieron un porcentaje de 67 % y 61%.

Estos resultados encontrados tiene una estrecha relación con (Aquanorte LTDA., 2019) en sus informes anuales demuestran densidades de siembra de ovas embrionadas de tilapia nilótica de 300 ml (31500 ovas/3.6 L) en incubadoras Mac Donald de 3,6 litros logrando resultados de 63 % de tasa de eclosión, lo cual como se muestra en nuestro testigo se aproxima, pero a diferencia en esta investigación con una densidad de siembra de 100 ml supera los resultados de 63% llegando a un 67 % y 69 % respectivamente.

Para (Baroiller., 1997) el desarrollo embrionario y la eclosión en incubadora tipo Mac Donald abarcan entre 30 - 40 horas y se puede llegar a obtener, según (Teran, 2013) una tasa de eclosión de ovas de 0.905 como mínimo y 0.908 como máximo, lo cual la presente investigación no logra alcanzar. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y analizar este resultado se confirma que en las mismas condiciones existe igual o mayor porcentaje de eclosión, no dejando de lado que las densidades de siembra son menores a los que se sometió en esta investigación.

El comportamiento de la calidad del agua en sus parámetros físicos químicos, como el nitrato se mantuvieron en los rangos ideales (0,0 ppm) para una incubación de ovas embrionadas de la especie *Oreochromis niloticus*, lo cual concuerda con la mención de (Cedeno., 1993) afirma , que mantener concentraciones por debajo de 0.1 mg/L es muy provechoso para la calidad del agua y el desarrollo de las ovas durante la incubación, siempre y cuando se realicen constantes recambio y Limpieza de agua. Paralelamente no dejando de lado a (Lovshin & Popma, 1996).

En lo que se refiere a la incubación de ovas de tilapia se han considerado que los primeros casos de mortalidad ocurren luego de una prolongada exposición de concentración de amoníaco mayores a 0.2 mg/L suceso que no ocurrió en la presente investigación, porque se hizo limpiezas constantes de las incubadoras y los recipientes de reabsorción manteniendo en rangos (0,5 ppm), por tanto, se afirma que no existió relación alguna con la tasa de eclosión de las ovas.

Los valores globales de la temperatura en los tres tratamientos se mantuvieron en promedios de 28 °C, por tanto, estuvieron en los parámetros permisibles como lo menciona (Prieto & Olivera, 2002) consideran un parámetro fundamental durante la incubación de ovas que es óptima entre 28-29 °C pudiendo lograr supervivencias cercanas al 80%. En cambio el oxígeno disuelto también estuvo en rangos ideales como lo afirma (Castillo, 1989) manifiesta que en la producción de ovas de la especie *Oreochromis niloticus*, el oxígeno debe mantenerse por encima de los 3 mg/L como rango ideal y finalmente (Tapia, 2004) que considera que este debe ser de 5.0 mg/L a más. Por tanto, según este análisis se puede contrastar que no hubo interferencia de ningún parámetro físico químico del agua en la baja tasa de eclosión.

Para la determinación de la mortalidad de las ovas embrionadas, se aplicó de la misma manera a través de las pruebas de Fisher (confiabilidad = 0,05) al igual que para la tasa de eclosión llegando a determinar que el menor porcentaje de mortalidad lo presenta el tratamiento 1 10500 ovas/3,6 L. con un porcentaje de 31 %. lo cual se asemeja a (Aquanorte LTDA., 2019), en sus informes anuales demuestra que en las producciones de 300 ml (31500 ovas/ 3.6 L) en incubadoras Mac Donald logran una mortalidad del 37 %, a este resultado lo contradice (Baroiller., 1997) que consigue un porcentaje de mortalidad, cercano al 5 - 8% o menos en el mismo tipo de incubadora utilizado en la investigación, suceso que a este resultado lo corrobora (Baltazar, 2007).

En el hatchery de FONDEPES, la incubación practicada con la técnica del destete, registra mortalidades entre 5 al 15%. A todo esto, es de vital importancia tomar el caudal del agua utilizada en la investigación que fue de 10 L/min que haya interferido en la alta mortalidad de las ovas embrionadas, a este análisis lo acredita (Rana K. , 1998) afirma que sistemas de incubación por flujo de agua, presenta pérdidas debido a daños físicos causados al corion de los huevos, cuando el flujo de agua es demasiado, y según reportado

por ( Hui, Wenjing, Chuankun, Zhengjun y Nan, 2018), concluyen en su investigación que la densidad y el caudal juegan un rol importante en la incubación comercial del tilapia del Nilo, reportando que con un caudal de 7,66 L min con una densidad de huevos 1.44 L x 104 huevos , obtuvieron resultados del 95,2%. en la presente investigación se manejó caudal muy alto de 10 L/min, lo cual demuestra que fue de gran magnitud la alta mortalidad de las ovas embrionadas.

Otro de los inviables resultados que se obtuvo es de claridad que interfieran la edad de los reproductores que (Aquanorte LTDA., 2019) sus informes anuales, revelan que los reproductores tienen 3 años de edad, así mismo durante el manejo y extracción de las ovas se pudo evidenciar a través de la palpación que al menos 14 de las 34 hembras extraídas demostraban características de estrés, con bajas producciones de ovas. Factor que causa bajas tasas de eclosión y alto porcentaje de mortandad, a este criterio lo corrobora (Buhel, 2000) que la vida útil de los reproductores de Tilapia es de 2 a 3 años.

## V. CONCLUSIONES

En esta investigación se evaluó tres densidades de siembra de ovas embrionadas de tilapia (*Oreochromis niloticus*), que estadísticamente y generalizando el trabajo experimental se concluye con un 95 % de confiabilidad que la densidad de siembra 100 ml (10500 ovas/3,6 L) es la densidad que genera mayor tasa de eclosión, lo que indica muy importante aplicar la densidad en la incubación de ovas embrionadas.

En la incubación de forma artificial en incubadoras Mac Donald bajo un sistema Ras se evaluó la tasa de eclosión llegando a obtener un promedio de: 69 % densidad 1 (100 ml = 10500 ovas/3,6 L), densidad 2 (200 ml = ml (21000 ovas/3,6 L), y la densidad 3 (400 ml = 42000 ovas/3,6 L), que tuvieron un porcentaje de 67 % y 61%. respectivamente y demostrándose en este sentido las bondades que proporciona la densidad de siembra en la tasa de eclosión de ovas embrionadas.

Este resultado no solo nos ayuda a comprender la tasa de eclosión sino con el mismo grado de confiabilidad se establece que con parámetros físico químicos controlados en amoniacó (0), nitrito (0.5), alcalinidad (125), pH (8,5), salinidad (3,5), temperatura (28) y oxígeno disuelto (7.4) la densidad de siembra 100 ml (10500 ovas/ 3,6 L) es directamente proporcional a la tasa de supervivencia de la especie tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Se determinó que el porcentaje promedio de mortalidad de ovas embrionadas de *Oreochromis niloticus*, en incubadoras Mac Donald en tres diferentes densidades fue de 31% (densidad 1) y 33% (densidad 2), el cual aumento a 39% (densidad 3). Este suceso género que a mayor densidad el índice de mortalidad acrecienta.

## **VI.- RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los productores que puedan utilizar una densidad de 10.500 ovas o 100 ml en 3,6 litros de agua, puesto que es la densidad que tiene menor mortandad, y económicamente genera un mayor ingreso a aquellos que quieran incubar las ovas de tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- Realizar investigaciones en enfermedades de hongos, bacterias que presentan durante un ciclo de incubación de ovas embrionadas.
- Realizar la clasificación no solo por estadio sino también por tamaño las ovas embrionadas para obtener una mejoría en la tasa de eclosión de manera uniforme.
- Realizar investigaciones en aspectos de ¿cuánto de agua necesita en un determinado tiempo?, que abarca desde incubación hasta la obtención de alevines de tilapia.

## **VII. PROPUESTA**

- Con la presente investigación se propone cambiar reproductores con edades superiores a 3 años de vida útil. (dado que cumplido este ciclo los reproductores producen menor cantidad de ovas y calidad de ovas).
- Se propone someter a descansos periódicos de los reproductores (hembras) para obtener mayor porcentaje de producción de ovas y con una buena nutrición para lograr óptimos resultados en la tasa de eclosión y alevinaje.

## VIII.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**FONDEPES. (2014).** *Manual para la producción de tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus)*.  
Ministerio de la Producción.

**ADEPESCA. (1998).** *Apoyo a las actividades de la pesca y acuicultura en Bolivia Proyecto*.  
BOL/B7-3010/94/053.

**Agilar, F. (2010).** *Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de Tilapia roja (Oreochromis spp.) y Tilapia nilótica (Oreochromis niloticus var. chitralada) alimentadas con dietas peletizadas o extruidas*. Bogota D.C., Colombia: Tesis magister.Universidad Nacional de Colombia.

**Aquanorte LTDA. (2019).** Informe anual.

**Arboleda. (2006).** Estatus actual de la Tilapia Roja en Colombia: Tilapia Roja, una bomba de tiempo. *Revista electrónica de Veterinaria*. Recuperado el 13 de Marzo de 2014, de <http://www.veterinaria.org/revista/rn080806.html>. Artículo web.

**ASTILAPIA. (2009).** *Cultivo de tilapia (Oreochromis spp.) a alta densidad en módulos flotantes, con énfasis en buenas prácticas de producción acuícola para la inocuidad alimentaria y para la generación de un producto de calidad suprema* (Vol. Vol.36: 1 a 20.). Culiacan, Mexico. Recuperado el Enero de 2009.

**Balestrini, M. (2001).** *Cómo se elabora el proyecto de investigación* (5° BL Consultores Asociados ed.). Caracas.

**Baltazar, M. (2007).** *La tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas*, 13(3).  
Obtenido de <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/biologia/v13n3/pdf/v13n03a22.pdf>.

**Baltazar, P. (2009).** *Situación actual de la tilapia en el Peru. Segunda Jornada de actualización en tilapia*. Puerto Vallarta, Mexico. Recuperado el Septiembre de 2009

- Bardach, J. e. (1990).** *Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce* (Sexta ed.). Mexico: AGT Editor S.A.
- Baroiller. (1997).** *Influence of environmental and social factors on the reproductive efficiency in three tilapia species, Oreochromis niloticus, O. aureus, and the red tilapia (red Florida strain)* (Second Editions. 1997. ed.). USA: Fitzsimmons.
- Bisquerra. (1998).** *Metodos de investigacion educativa.* Barcelona: Ceac S.A.
- Bromage, & Cumaranatunga. (1988).** *Egg production in rainbow trout* (Third Editions ed.). Cambridge. Roberts Editors.
- Cantor, A. F. (2007).** *Manual de produccion de tilapia, en Mundo Tilapia* (Vol. Vol.67: 10 a 27).
- Carrasco, S. (2009).** *Metodología de la investigación científica* (Tercera ed.). Lima, Perú: San Marcos.
- Castillo, F. L. (1989).** *Tilapia una evolution de 20 años de la incertidumbre al éxito.* Recuperado el 29 de Marzo de 2014, de <http://www.ag.arizona.edu/Colombia/tijaQi.doc>. Articulo web.
- Cedeno. (1993).** *Principales causas de mortalidad en cultivos intensivos y superintensivos de tilapia en Revista electrónica de Ingenieria en Producción Acuicola* (Vol. 6). Colombia. Recuperado el 07 de Abril de 2013., de <http://www.revistas.udenar.edu.lreviQ/article/view/380/394>.
- CENDEPESCA. (2008).** *Manual sobre reproduccion y cultivo de tilapia.* Recuperado el 23 de Septiembre de 2013, de <http://www.centraamericadata.com/cendepesca%22>. Articulo web.
- Colpos. (2008).** *cultivo de tilapia en estanques rusticos, en Acuicultura* (Vol. 5). Recuperado el Junio de 2008.

**Dane. (2014).** *Cultivo de Tilapia roja (Oreochromis sp) en estanques de tierra, fuente de proteína animal de excelente calidad.* Obtenido de <http://docplayer.es/14621095-El-cultivo-de-la-tilapia-roja-oreochromis-sp-en-estanques-de-tierra-fuente-de-proteina-animal-de-excelente-calidad.html>.

**FAO. (2000).** Departamento de Pesca y Acuicultura.

**FONDEPES. (2004).** *Manual de cultivo de tilapia. Documento de gerencia de Acuicultura. Programa de Transferencia de Tecnología en Acuicultura para Pescadores Artesanales y Comunidades Campesinas.* Lima, Peru: Palomino.

**Galli, F. e. (1989).** *Crianza de peces* (3ra ed.). Sao Paulo, Brasil: Editorial Livraria Nobel S.A. Rua de Balsa, 559.

**Garcia, J. (1985).** *Tecnología de las explotaciones piscícolas* (Tercera ed.). Madrid: Muprensa S.A.

**Gómez, L. P. (2003).** Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake. *Revista de Biología Tropical*, 51(1), 221-228. Obtenido de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442003000100020](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442003000100020).

**Gonzales, R. (2005).** *Características y perspectivas del cultivo de la tilapia.* Recuperado el 15 de Junio de 2014, de <http://www.mundotilapia.com/doc/tni|otica.htm>].

**Guichenot. (1848).** *Evaluación y comparación de la eficiencia de dos sistemas de incubación de ovas de *Genypterus chilensis* en Tecnologías de incubación* (Vol. Vol. 15: 5 a 49).

**Gutierrez, R. G. (1998).** *Cultivo de tilapia en Cultivo de peces en Jaulas* (Vol. 1). Callao, Peru: Universidad Nacional del Callao.

**Hepher, B. (1991).** *Cultivo de peces comerciales* (Tercera Edición ed.). Mexico: Limusa S.A.

- Hickling, C. F. (1971).** *Fish culture* (Segunda ed.). España: Fober y Faber S.A.,
- Huet, M. I. (1973).** *Tratado de Piscicultura I* (Segunda ed.). Madrid: Ediciones Mundi S.A, Mundi- Prensa.
- ISA. (2005).** *Protocolo de produccion de juveniles de tilapia y diferentes sistemas de engorde.* Recuperado el 15 de Octubre de 2013, de <http://c.tilagianayaritorg/Produccion.gdf>. Articulo web.
- Johnson, R. (2014).** Toward a Definition of Mixed Methods. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(2). doi:<https://doi.org/10.1177/1558689806298224>.
- Kinkelin, G. (1985).** *Tratado de las enfermedades de los Peces* (Tercera ed.). Acribia S.A.
- Lanhsteiner. (2008).** *New technique for insemination of large egg batches witch cryopreserved semen in the Aquaculture in Technologies for the reproduction of Fish* (Vol. Vol.2:359 a 367).
- Lepkowski, J. M. (2008).** Centro de Investigaciones Sociológicas de España. *Revista Española de Investigaciones sociologicas.*
- Little, D., & Muir. (1987).** *Integrated Wann Water Aquaculture* ( Quinta ed.). USA: Stirling.
- Little., M. a. (1995).** *Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) in: N. R. Bloodstock Management and Egg and Larval Quality* (Vol. Vol: 20: 15 a 43.). London. Recuperado el August de 1995.
- Llanes, J., & Toledo, J. (2006).** *Nutricion y Alimentacion de la Tilapia.* APCA.
- Llasca, E. (2013).** *Efectos de diferentes tipos de criopreservación sobre la viabilidad del semen de Colossoma macroponum Gamitana. Tesis para optar por el titulo de magister.* Iquitos, Peru: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Lopez. (1998).** *Cultivo Industrial de tilapia* (Primera Edición ed.). Quito, Ecuador: Universo.

- Lorenzo, J. (2011).** *Efecto de tres métodos de cocción sobre el contenido nutricional de la mojarra Tilapia (Oreochromis sp).* Mexico: Trabajo de grado Ingeniería de Alimentos. Universidad de Papaloapan.
- Losordo, T. (2007).** Recirculación de los sistemas de producción acuícola: el estado y futuro. *Revista de acuicultura* 24(1 ), 38-45.
- Lovshin, L., & Popma, T. (1996).** *Worldwide Prospects for Commercial PRODUCTION of Tilapia, in /ntemational Center for Aquaculture and Aquatic Environments (Vol. 41).*
- Marcillo, E., & Landivar, J. (2000).** *Tecnología de producción de alevines monosexo de tilapia, en Producción y crianza de Tilapia (Vol. Vol. 32: 8 a 16).* Guayaquil, Ecuador. Recuperado el Febrero de 2000.
- Mariluz, A. (2007).** *Características de reproducción de tilapia en Reproducción de peces en laboratorio (Vol. Vol 1:76. ).* Callao, Peru: Universidad Nacional del Callao.
- Mendoza, L. (2011).** *Control de Temperatura y monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de tilapias usando PLC .Tesis para optar el título de Ingeniero Electronico.* Lima, Peru: Universidad Católica.
- Meyer, D. (2004).** *Introducción a la acuicultura.* Honduras: Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.
- Morles, V. (1994).** *Planeamiento y análisis de investigaciones (8° ed.).* Caracas: El Dorado.
- NICOVITA. (2000).** *Manual de crianza de tilapia.* Lima, Peru. Recuperado el 18 de Enero de 2014, de <http://www.nicovita.com.ge/gaginas/esp/tilapia.htm>.
- Olivera, A. (2002).** incubación artificial de ovas embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp.,. Col Cienc Pec 2002, Vol. 1511a 250.* Recuperado el Enero de 2002.

- Pauly, D. J. (1993).** *Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales.* FAO. DOC. Tec. Pesca (234).
- Pineda, H. Z. (2012).** Evaluación de la morfometría y del hábito alimenticio en tilapia roja *Oreochromis sp.* y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* bajo diferentes condiciones de manejo en dos grajas piscícolas del occidente antioqueño. *Revista politécnica no. 14 (1)*, 97 – 98.
- Prieto, C., & Olivera, A. (2002).** Incubación artificial de ovas embrionadas de Tilapia Roja *Oreochromis spp.* *Revista Colombiana Ciencia Peru, Vol 15:115-119.*
- Rana, K. (1990).** *Influence of incubation temperature on O.niloticus eggs and fry. Gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development in Technical and management in Aquaculture (Vol. Vol. 87:165 a 181).*
- Rana, K. (1998).** *Reproductive biology and the hatchery rearing of tilapia eggs and fry in advances in Aquaculture (Vols. Vol.3: 343-406).*
- Ridha, M., & E.M., C. (2000).** Effect of light intensity and photoperiod on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Seed production. *Aquaculture Research.* Recuperado el 10 de Noviembre de 2014, de <http://www.onlinelibrary.wiley.com/abstract>. Artículo web.
- Rosado, P. (2011).** *Relación entre parámetros físicos y de composición de la ova con la eficiencia en fases de incubación y larvicultura en trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss Walbaun).* Bogota, Colombia: Tesis para optar por el título de magister.
- Saavedra, M. (2006).** *Manejo del cultivo de tilapia.* Recuperado el 26 de noviembre de 2016, de <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DETILAPIA-CIDEA>.
- Sauceda, R. R. (2009).** *Modelo tecnológico de cultivo de Tilapia (Oreochromis sp).* Obtenido de <http://www.tilapiademexico.org/system/publicaciones/Modelo%20Tecnol%C3%B3gico%20de%20Tilapia%20en%20Jaulas.pdf>.

- Silva, A. (2005).** *Cultivo de peces marinos*. Departamento de Acuicultura. Coquimbo. Universidad Católica del Norte.
- Suresh, A. (2000).** *Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia*. USA. Recuperado el 15 de Noviembre de 2013, de <http://www.revistaaguatic.com>. Artículo web.
- Tapia, A. (2004).** *Efecto de la relación; proteína a energía digestible en policultivo de Tilapia Roja*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Pesquero Acuicultor. Lima, Peru: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Teran, A. C. (2013).** *Evaluación de 0, 500, 10000 y 15000 ppm de sal en el agua para la incubación artificial de ovas de Tilapia Roja sin aclimatación*. Tesis para optar el título de ingeniero agronomo. Honduras. Universidad de Zamorano.
- Timmons. (2002).** *Recirculating Aquaculture systems in Care and maintenance in Aquaculture. Northeastern Regional Aquaculture Center (Vol. 42)*.
- Tomasto, J. (2004).** *Efectos del agua soluble en el pescado, crecimiento de alevines de Oreochromis niloticus*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Pesquero Acuicultor. Lima, Peru: Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Torres, J. M. (2010).** *Caracterización de tilapia roja (Oreochromis ssp.) con marcadores moleculares RAPD*. Acta Agronómica, 59.
- Villaruel, C. e. (2011).** *Reproducción y características de tilapia en Manual de Cultivo de Tilapia*. (Vol. Vol.2). Recuperado el Abril de 2011.
- Watanabe. (1992).** Recuperado el Abril de 1992.
- Woynarovich, E., & Horvath, L. (1980).** Reproducción artificial de peces de aguas templadas, en Manual extensionista. *FAO, Documento Técnicos de Pesca, Vol. 20: 59 a 187*.

## IX.- ANEXOS



**Anexo 1** Localización del trabajo de investigación.



**Anexo 2** Desinfección de la sala de incubación



**Anexo 3** Activación de sala de incubación.



**Anexo 4** Filtros del sistema RAS.



**Anexo 5** Termostato o calentador.



**Anexo 6** Manejo de reproductores.



**Anexo 7** Extracción de ovas.



**Anexo 8** Clasificación de ovas según estadio.



**Anexo 9** Limpieza y desinfección de ovas.



**Anexo 10** Medición de ovas con vaso graduado.



**Anexo 11** Conteo volumétrico de las ovas con tubo falcón.



**Anexo 12** Siembra de las ovas en las incubadoras.



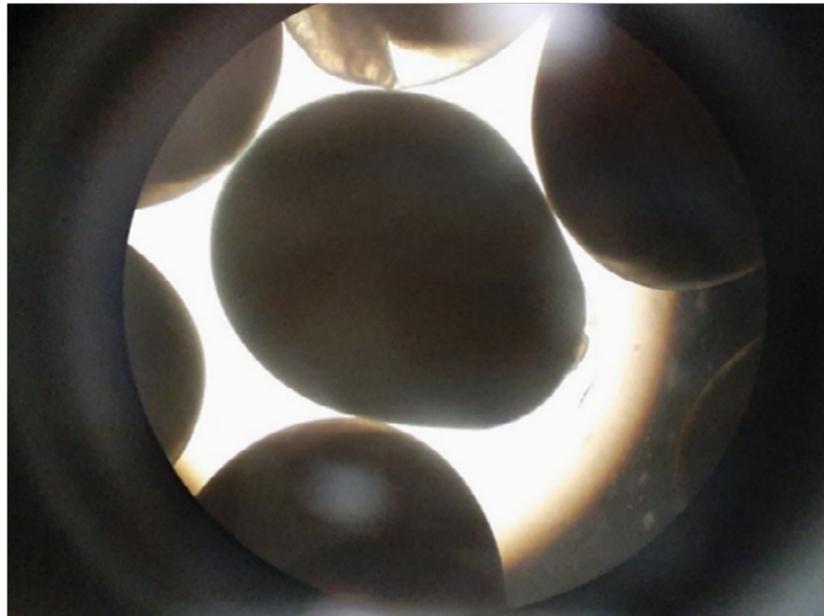
**Anexo 13** Unidades experimentales.



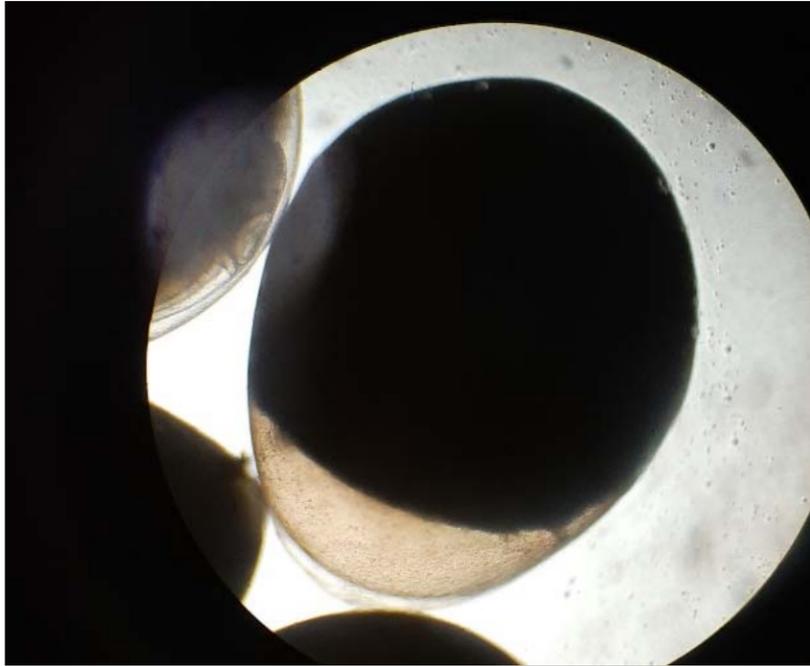
**Anexo 14** Estadio 1 de ovas embrionadas.



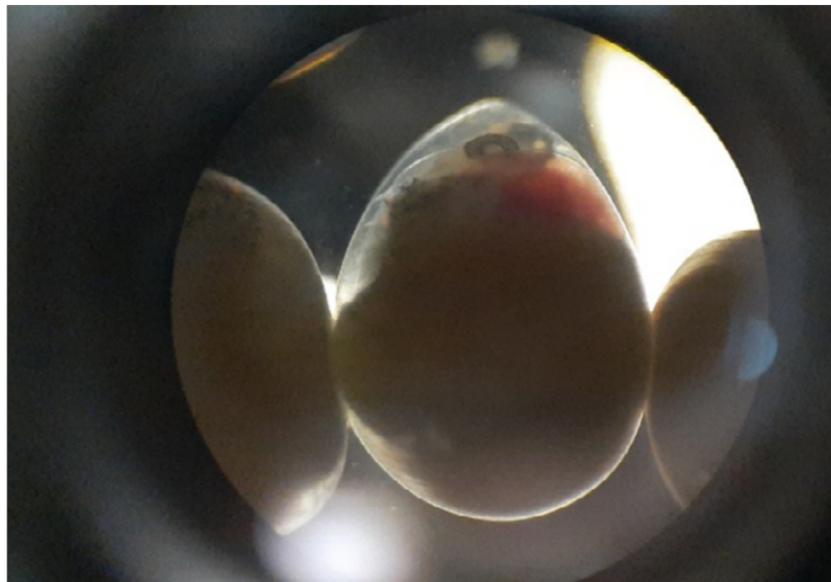
**Anexo 15** Seguimiento microscópico del desarrollo embrionario de las ovas.



**Anexo 16** Desarrollo embrionario día 1.



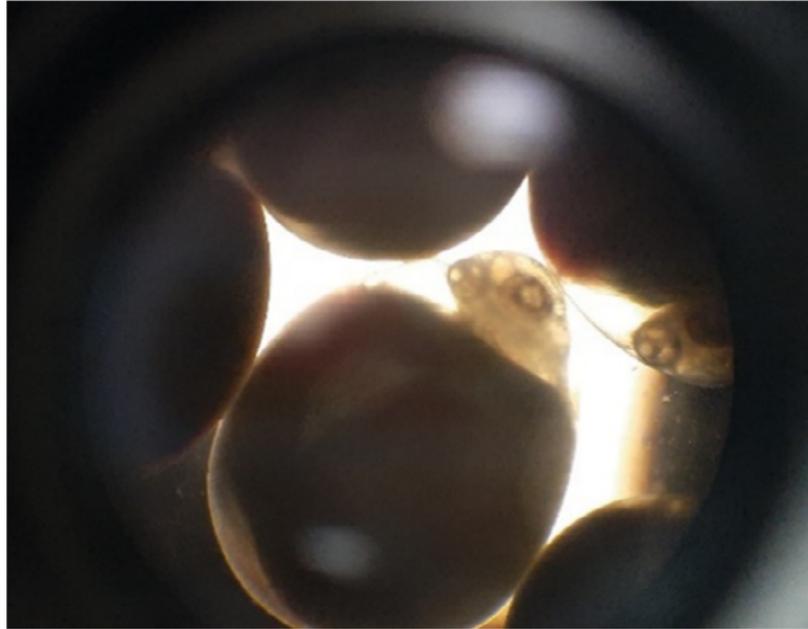
**Anexo 17** Desarrollo embrionario día 2.



**Anexo 18** Desarrollo embrionario día 3.



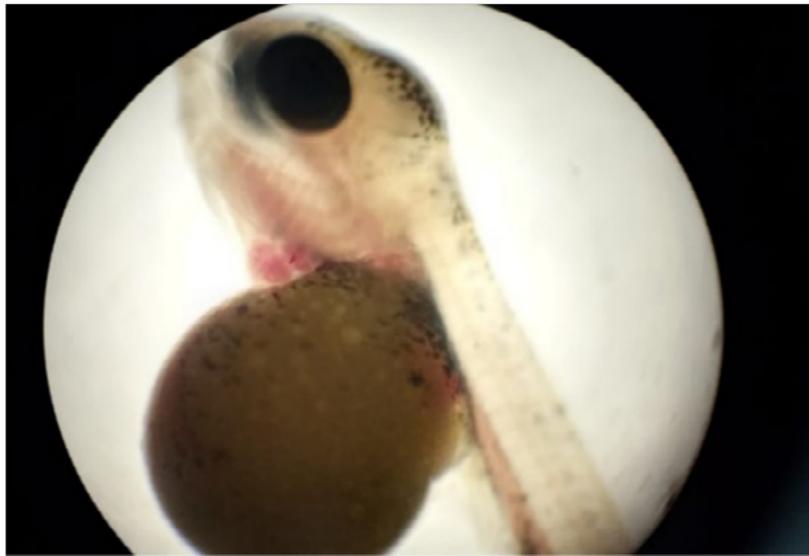
**Anexo 19** Estadio 3, tercer día.



**Anexo 20** Desarrollo embrionario día 4.



**Anexo 21** Desarrollo embrionario día 5.



**Anexo 22** Ovas eclosionadas día 6.



**Anexo 23** Larvas de tilapia (*Oreochromis niloticus*).



**Anexo 24** Migración de larvas.