

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE HUEVOS DE DOS PLANTELES DE  
REPRODUCTORES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*) ALIMENTADOS CON  
DIETAS ARTIFICIALES DE DIFERENTES PORCENTAJES DE PROTEÍNA EN  
LA GRANJA PISCÍCOLA PIEDRA PINTADA MUNICIPIO DE AIPE - HUILA -  
COLOMBIA**

**MARIO VLADIMIR BUCHELI MONTENEGRO  
YEISON HARLEY ERAZO VELASCO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2013**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE HUEVOS DE DOS PLANTELES DE REPRODUCTORES DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*) ALIMENTADOS CON DIETAS ARTIFICIALES DE DIFERENTES PORCENTAJES DE PROTEÍNA EN LA GRANJA PISCÍCOLA PIEDRA PINTADA MUNICIPIO DE AIPE - HUILA - COLOMBIA**

**MARIO VLADIMIR BUCHELI MONTENEGRO  
YEISON HARLEY ERAZO VELASCO**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero en Producción Acuícola**

**Director  
JORGE NELSON LÓPEZ MACÍAS  
M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D**

**Codirector  
RAFAEL ROSADO PUCCINI  
Biólogo marino. Esp., M.Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO, COLOMBIA  
2013**

**“Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de grado, son responsabilidad exclusiva de sus autores”**

**Artículo 1<sup>ero</sup> del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Superior Directivo de la Universidad de Nariño.**

**NOTA DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

**JORGE NELSON LÓPEZ MACÍAS**  
Director

---

**RAFAEL ROSADO PUCCINI**  
Codirector

---

**VILMA YOLANDA GÓMEZ NIEVES**  
Jurado delegado

---

**ARIEL EMIRO GÓMEZ CERÓN**  
Jurado

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos los más sinceros agradecimientos a:+

JORGE NELSON LÓPEZ MACÍAS	Profesor titular de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño. M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D
ARIEL EMIRO GÓMEZ CERÓN	Biólogo marino. Esp. Profesor del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola.
VILMA YOLANDA GÓMEZ NIEVES	Bióloga marina. Profesora de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
MARCO ANTONIO IMUEZ FIGUEROA	Zootecnista Esp., MSc, Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista. Esp. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ	Secretaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño
OSCAR MEJÍA SANTACRUZ	Auxiliar del centro de Documentación Especializada del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar a este momento especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valóralo cada día más. A Erika por ser la persona que me ha acompañado en todo este trayecto de mi estudio y de mi vida. A mi Madre por su Colaboración y acompañamiento en este proyecto. A mi padre que desde otra dimensión ha estado guiándome por este arduo camino para convertirme en profesional. A todos los que están a mi alrededor, María Isabel, Antonio, Mercedes, Yepel, Cesar Leonel, Johana, Viviana, que de una manera u otra siempre han estado en las buenas y malas pero sobre todo a mi hijo Nicolás que es la persona que me da fuerzas día tras día para superar cada uno de los obstáculos que se presentan. A todos los profesores y en especial al Dr. Jorge Nelson López, por su tiempo, por su apoyo y por toda la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

**MARIO VLADIMIR BUCHELI MONTENEGRO**

## **DEDICATORIA**

A Dios, a quien le debo todo lo que soy y tengo en la vida. A mi Madre Edith Velasco y a mi Padre Alfredo Erazo por ser las personas que siempre guiaron mi camino en la vida y el alcanzar este objetivo tan importante para mí, también es motivo de mucha satisfacción para ellos, porque de alguna u otra manera las metas y logros de los hijos se convierten en las metas y logros de los padres. A mi Esposa Leydi Julieth Medina y a mi Hijo Santiago, por ser ese motivo de inspiración, tan grande por el cual trabajo todos los días. A mis hermanos los cuales son apoyo constante de mis labores cotidianas. A todos los profesores y trabajadores del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, en especial al Dr. Jorge Nelson López, por su amistad, tiempo, apoyo y por toda la sabiduría que me transmitió en el desarrollo de mi formación profesional y personal. Al Dr. Rafael Rosado Puccini por apoyarme en esta idea y trasmitirme confianza para la realización de este ensayo.

**YEISSON HARLEY ERAZO VELASCO**

## RESUMEN

La investigación se realizó en la granja Piscícola Piedra Pintada, ubicada en el Municipio de Aipe, Departamento del Huila. Colombia. El presente estudio evaluó la calidad de huevos de dos planteles de reproductores de tilapia roja (*Oreochromis sp*), alimentados con dietas comerciales de 30% y 38% de proteína bruta (PB), mediante técnicas de selección, manejo de reproductores, huevos, larvas y alevinos para mejorar la calidad de semilla. La investigación se realizó en las instalaciones de la Estación Piscícola de Piedra Pintada, localizada en el municipio de Aipe, departamento del Huila.

Se utilizaron 840 reproductores en proporción de 3 hembras y 1 macho distribuidos en dos tratamientos conformados por 420 ejemplares (300 hembras y 120 machos) de Tilapia Roja, de la siguiente manera:

**T1:** plantel de reproductores alimentados con concentrado comercial del 30% PB  
**T2:** plantel de reproductores alimentados con concentrado comercial del 38% PB

Se aplicó una prueba de F para establecer varianzas iguales o diferentes entre los tratamientos para las variables analizadas. Posteriormente, se utilizó la prueba de T para varianzas iguales o diferentes teniendo en cuenta el resultado obtenido en la prueba F. La prueba T determinó .que el T2 fue mejor en las variables: peso promedio ( $9,17 \pm 3,20$  mg), diámetro promedio ( $2,19 \pm 0,52$  mm), volumen del saco vitelino ( $5,63 \pm 1,06$  mm<sup>3</sup>) y densidad de huevos ( $3,93 \pm 1,18$  mg/mm<sup>3</sup>).

En la composición química de huevos, la prueba T detectó diferencias estadísticas en los componentes de: ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos saturados y extracto etéreo, encontrándose en mayor cantidad en los huevos pertenecientes al T2. Igualmente este tratamiento reportó las mejores sobrevivencias con relación al T1 durante las etapas de fertilización, incubación, reabsorción de saco vitelino y reversión sexual.

Los parámetros de agua oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), pH, amonio (mg/L), nitratos (mg/L), nitritos (mg/L), dureza (mg/L), alcalinidad (mg/L) y dióxido de carbono (mg/L), fueron similares estadísticamente en ambos tratamientos.

Según los resultados obtenidos se puede concluir que el contenido de proteínas de la dieta afecta la calidad y sobrevivencia de las larvas.



## ABSTRACT

The investigation was conducted at the fish farm Piedra Pintada, located in the municipality Aipe, Department of Huila, Colombia. The objective of this study was assess the quality of the eggs of two reproductive groups of red tilapia (*Oreochromis sp*) which were fed with diets of 30% and 38% of brute protein (BP) through different techniques of selection, broodstock and management of larvae improve the quality of seed aquaculture production. The research was performed at the Piedra Pintada Station located in Aipe town, state of Huila (Colombia).

It used eight hundred forty animals were evaluated in a proportion of three females and one male, distributed two made up by 420 broodstock (300 females and 120 males) in the following way:

**T1:** Broodstock group which were fed with commercial diet of 30% PB

**T2:** Broodstock group which were fed with commercial diet of 38% PB

It was applied on F test to determinate if there is the same or different variances between the treatments for each paramether Then it was performed the test T according to the results got in the test F.

The T test to showed that the treatment two (T2) is better in the variances of: average weight ( $9,17 \pm 3,20$  mg) average diameter ( $2,19 \pm 0,52$  mm) volume the yolk sac ( $5,63 \pm 1,06$  mm<sup>3</sup>) and eggs density ( $3,93 \pm 1,18$  mg/mm<sup>3</sup>).

In the chemical eggs composition, the t test showed that exist statistical differences between the T2 and T1, in the components of: polyunsaturated fatty acids, saturated fatty acids and ether extract. Furthermore the treatment 2 was different from the statistical point of view in relation rate survival during the phases fertilization, incubation, yolk sac reabsorption and sexual reversion.

The paramethers physical chemical of dissolved oxygen (mg/L), temperature (°C), pH, ammonium (mg/L) nitrate (mg/L) nitrite (mg/L) hardness (mg/L) alkalinity (mg/L) and carbon dioxide (mg/L) did not show significant statistical differences between the treatments.

According to the above results, it can be concluded that the level of protein of the diet affect the quality and survival rate of the larval of red tilapia.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág</b>
INTRODUCCIÓN	18
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	21
3. OBJETIVOS	22
3.1 OBJETIVO GENERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. MARCO TEÓRICO	23
4.1 GENERALIDADES	23
4.1.1. Biología de la especie	23
4.1.2. Características morfológicas	24
4.1.3 Hábitos alimenticios	24
4.2 REPRODUCCIÓN	24
4.2.1 Selección de reproductores	25
4.2.2 Estanques de reproducción	25
4.2.3 Siembra de reproductores	25
4.2.4 Desove	25
4.3. DESARROLLO EMBRIONARIO	26
4.4 EL CONCEPTO DE LA CALIDAD DE HUEVO	28
4.4.1 Nutrición de reproductores	32

5. DISEÑO METODOLÓGICO	35
6.	
5.1 LOCALIZACIÓN	35
5.2 PERIODO DE ESTUDIO	35
5.3 INSTALACIONES	36
5.4 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS	36
5.5 MATERIAL BIOLÓGICO	37
5.6 PLAN DE MANEJO	37
5.6.1 Siembra de reproductores y alimentación	38
5.6.2 Obtención y selección de puestas	38
5.6.3 Determinación de la escala de fertilización	39
5.6.4 Pesaje y medición de huevos	39
5.6.5 Incubación	39
5.6.6 Determinación de la composición de huevos	40
5.6.7 Reabsorción del saco vitelino	41
5.6.8 Larvicultura	41
5.6.9. Medicion de parámetros físicos y químicos	41
5.7 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	42
5.7.1 Tratamientos	42
5.7.2 Formulación de hipótesis	42
5.7.3 Variables evaluadas	42
6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	45
6.1 NUMERO PROMEDIO DE HUEVOS Y NUMERO DE HUEVOS POR GRAMO DE PESO	45

6.2 PESO PROMEDIO Y DIÁMETRO DE HUEVOS	47
6.3 VOLUMEN Y DENSIDAD DE HUEVOS	49
6.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HUEVOS	51
6.5 SOBREVIVENCIA	55
6.5.1 Fase de fertilización	55
6.5.2 Fase de incubación	57
6.5.3 Fase de reabsorción del saco vitelino	58
6.5.4 Inducción al sexo	59
6.6 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	61
6.7 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	62
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
7.1 CONCLUSIONES	64
7.2 RECOMENDACIONES	65
8. BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	72

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág</b>
Tabla 1. Composición grasa del huevo de tilapia roja	52
Tabla 2. Parámetros físico químicos por tratamiento	61
Tabla 3. Costos de producción del ensayo	62
Tabla 4. Resumen calculo beneficio costo por tratamiento	63

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Desarrollo del huevo fertilizado	27
Figura 2. Desarrollo del embrión y la larva	28
Figura 3. Localización geográfica del Municipio de Aipe, Huila, Colombia.	35
Figura 4. Reproductor de tilapia roja ( <i>Oreochromis sp</i> )	37
Figura 5. Adecuación de estanques	38
Figura 6. Selección de reproductores y extracción de huevos	39
Figura 7. Lavado y desinfección de huevos	40
Figura 8. Número promedio de huevos	45
Figura 9. Numero de huevos por gramo de peso	46
Figura 10. Peso promedio de huevos	48
Figura 11. Diámetro promedio de huevos	49
Figura 12. Volumen de huevos	50
Figura 13. Densidad de huevos	51
Figura 14. Composición química del huevo	53
Figura 15. Porcentaje de sobrevivencia en fase de fertilización	56
Figura 16. Porcentaje de sobrevivencia en fase de incubación	57
Figura 17. Porcentaje de sobrevivencia en fase de reabsorción del saco vitelino	59
Figura 18. Porcentaje de sobrevivencia en fase de reversión sexual	60
Figura 19. Relación beneficio costo	63

## LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A. Prueba F para varianzas de dos muestras para número, peso y diámetro promedio de huevos	73
Anexo B. Prueba F para varianzas de dos muestras para volumen y densidad de huevos	74
Anexo C. Prueba F para varianzas de dos muestras	75
Anexo D. Prueba F para varianzas de dos muestras	76
Anexo E. Prueba F para varianzas de dos muestras	77
Anexo F. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos en estanques de reproductores	78
Anexo G. Prueba F para varianzas de dos muestras para temperatura, oxígeno y pH para fase de incubación	79
Anexo H. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos para fase de incubación	80
Anexo I. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos para fase de reversión sexual.	81
Anexo J. Registro de temperatura promedio (°C) diaria para reproductores	82
Anexo K. Registro de Oxígeno disuelto promedio (mg/L) diario para reproductores	83
Anexo L. Registro de pH promedio diario para reproductores	84
Anexo M. Registro de parámetros físicos y químicos en fase de incubación	85
Anexo N. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para la fase de reabsorción.	86
Anexo Ñ. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales durante la inducción al sexo.	87
Anexo O. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros	88

físicos y químicos en estanques de reproductores.

Anexo P. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para parámetros físicos y químicos en estanques de reproductores. 89

Anexo Q. Prueba F para varianzas de dos muestras para temperatura, oxígeno y pH para fase de incubación. 90

Anexo R. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales y desiguales para temperatura, oxígeno y pH en fase 91

Anexo S. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos para fase de incubación 92

Anexo T. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales y desiguales para nitritos, nitratos y amonio en fase de incubación. 93

Anexo U. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para dióxido de carbono, dureza y alcalinidad en fase de incubación. 94

Anexo V. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos para fase de reversión sexual. 95

Anexo W. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales y desiguales para parámetros físicos y químicos en fase de reversión sexual. 96

Anexo X. Registro de peso, volumen, densidad y número de huevos del tratamiento 1 97

Anexo Y. Registro de peso, volumen, densidad y número de huevos del tratamiento 2 98



## GLOSARIO

**ASINCRÓNICO:** término utilizado para especificar la ejecución de distintos procesos de forma independiente unos de los otros respecto al tiempo.

**CALIDAD DEL HUEVO:** porcentaje de huevos eclosionados que indica el potencial de producción de semilla viable.

**ECLOSIÓN:** momento en el cual la larva abandona el huevo en el que se desarrolló, rompiendo este y saliendo hacia el medio exterior.

**FECUNDACIÓN:** fusión de un gameto masculino con un femenino que produce una célula con nuevas propiedades, el cigoto o huevo fecundado.

**FECUNDIDAD:** potencial reproductivo de un organismo medido en el número de gametos producidos.

**INCUBACIÓN ARTIFICIAL:** proceso de implementación por el hombre para eclosionar huevos en condiciones de cautiverio.

**INCUBACIÓN BUCAL:** proceso de incubación que llevan a cabo algunas especies ícticas, mediante el cual uno de los padres los aloja en su cavidad bucal durante la fase de larva.

**LARVA:** estadio de desarrollo de un organismo hidrobiológico animal durante el cual se alimenta del contenido del saco vitelino.

**REABSORCIÓN:** momento fisiológico en el cual la larva ha reabsorbido el saco vitelino y recibe alimentación exógena.

**REVERSIÓN SEXUAL:** técnica centrada en inducir el sexo de los peces con el uso de esteroides sintéticos para producir poblaciones mono-sexo y obtener un crecimiento rápido.

**SACO VITELINO:** es la estructura biológica que almacena los nutrientes que constituyen la alimentación endógena de las larvas.

## INTRODUCCIÓN

Según la FAO<sup>1</sup>, en los últimos años se ha presentado una notable disminución de la pesca de captura en el mundo, lo que ha conducido a que la producción acuícola se constituya en una fuente alternativa de proteína para la seguridad alimentaria mundial y a su vez, como una actividad generadora de empleo e ingresos. Dentro de ese conjunto, la piscicultura, definida como aquella actividad dedicada al cultivo de peces bajo condiciones controladas, se ha desarrollado considerablemente hasta catalogarse como uno de los sectores de producción de alimentos de origen animal de más rápido crecimiento en el mundo.

Colombia por su diversidad íctica, riqueza hídrica, variedad de suelos y excelente posición geográfica, tanto para producción como para el mercadeo nacional e internacional, presenta alto potencial acuícola, lo cual se refleja en los reportes anuales de producción, la apertura de nuevas empresas piscícolas, la solicitud constante de capacitación y asistencia técnica a las entidades del estado como a particulares, y la introducción de nuevas tecnologías de producción, entre otros.

De acuerdo a la Corporación Colombiana Internacional<sup>2</sup> una de las especies más representativas dentro de la producción nacional es la tilapia, la cual ha tenido un crecimiento vertiginoso a nivel mundial por ser una especie rustica y de incremento diario de peso alto y su fácil manejo, crecimiento rápido, buenas características organolépticas y gran aceptación por los consumidores, registro en el año 2009 ventas por 3,5 millones de toneladas.

La importancia de la Tilapia en el panorama piscícola nacional ha sido suficientemente reconocida, de tal forma que se cuenta con una agenda prospectiva de investigación y desarrollo específica en la cadena piscícola, posicionándose el departamento del Huila con la mejor producción nacional de 32.982 toneladas, durante el 2012, requiere un esfuerzo empresarial de infraestructura y logística para la comercialización del producto. Paradójicamente, esta situación productiva regional no es consecuente con la disponibilidad de semilla y así, el primer lugar en la producción de alevinos en el país lo tiene el

---

<sup>1</sup> FAO. Estado Mundial de la pesca y acuicultura. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Roma. 2012. p. 41. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>.

<sup>2</sup> CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. Pesca y Acuicultura. Bogotá, Colombia 2009. p. 104.

departamento del Meta, en donde procedimientos más eficientes de manejo de ovas y alevinos han sido implementados con mayor éxito.

Por esta razón en el suroccidente Colombiano se deben implementar tecnologías resultantes de línea de investigación tendientes a mejorar la calidad productiva de las larvas de tilapia y disminuir el porcentaje de mortalidad durante las primeras fases de desarrollo.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, el presente ensayo propuso evaluar la calidad de los huevos de dos planteles de reproductores de tilapia roja (*Oreochromis sp*) alimentados con dos dietas (30% y 38% de PB), mediante técnicas de selección, manejo de reproductores, huevos, larvas y alevinos para mejorar los procesos de producción de semilla.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Según López – Macías<sup>3</sup> el cuello de botella para el desarrollo de la acuicultura en Colombia y en el mundo, es la calidad biológica de las larvas y la tasa de sobrevivencia. En consecuencia la investigación de las especies ícticas de cultivo debe dirigirse a seleccionar esta problemática.

El objetivo, de acuerdo a las definiciones actuales sobre el concepto de calidad, accede siempre a la posibilidad de asegurar que el material primario, huevo fertilizado, se traduzca en una larva o alevino viable, lo que configura un escenario de experimentación importante cuando se reconoce que, exactamente en este punto, es donde se tiene dependencia para cualquier opción productiva exitosa, como es el caso de la alimentación de los reproductores de tilapia y el impacto en la viabilidad de los gametos y específicamente, tamaño del huevo, contenido nutricional, frecuencia de desove, fecundidad relativa, diámetro del saco vitelino y sobrevivencia de las larvas, aspectos que serán evaluados en esta investigación.

---

<sup>3</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Nutrición y alimentación piscícola. En: centro de publicaciones. Universidad de Nariño. 2003, p. 335.

## **2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el efecto de la utilización de dietas artificiales con diferentes porcentajes de proteína en la fecundidad de reproductores de Tilapia roja (*Oreochromis sp*) y en la calidad y viabilidad de los huevos y larvas?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Establecer la calidad y viabilidad de huevos de reproductores de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*) alimentados con dietas balanceadas de diferentes porcentajes de proteína y el efecto en la sobrevivencia de las larvas.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar el número promedio de huevos por kilogramo de peso en cada tratamiento.
- Determinar diámetro y peso promedio del huevo.
- Calcular porcentaje de fertilización y eclosión de huevos
- Calcular los porcentajes de sobrevivencia de los huevos, larvas y alevinos.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES

Según la Secretaría de agricultura, ganadería, pesca y alimentos de Argentina (SAGPyA)<sup>4</sup> entre todas las especies pertenecientes al denominador común de “tilapias” (géneros *Tilapia* y *Oreochromis*), la “tilapia del Nilo o tilapia nilótica” es la de mayor conocimiento y producción a nivel mundial, junto al híbrido de “tilapia roja”. Por lo tanto, el género *Oreochromis* es el que se considera de mayor importancia dentro de los cultivos comerciales existentes.

Borja et al<sup>5</sup> manifiesta que la tilapia roja (*Oreochromis sp*) por sus hábitos alimentarios, capacidad de adaptación, fácil reproducción, resistencia a enfermedades y posibilidades de soportar condiciones adversas en cultivo, con amplia tolerancia y rápido crecimiento, es ideal para producción en estanques bajo sistemas extensivos o intensivos.

**4.1.1 Biología de la especie.** Según Moreno et al, algunas características de la biología de las tilapias son:

La madurez sexual de la Tilapia roja depende de la edad, el tamaño y las condiciones ambientales. Generalmente puede alcanzar e iniciar la reproducción desde los 2 meses de edad y un tamaño de 12 cm (32 g). En estanques no fertilizados pueden madurar a los 3 meses (60-100g), aunque en altas poblaciones se ha observado hembras de 9 cm incubando huevos. Con el incremento de peso también se incrementa el número de huevos producidos. Los huevos son incubados en la boca

---

<sup>4</sup> SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTOS (SAGPyA), Acerca del cultivo de tilapia nilótica y tilapia roja. Disponible en Internet: <URL: [http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01-Especies/\\_archivos/000008-Tilapia/071201\\_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf](http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01-Especies/_archivos/000008-Tilapia/071201_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf)>

<sup>5</sup> BORJA F. GONZALES L. QUINTERO V. Diseño modelo de estanques climatizados para el cultivo de tilapia roja, *Oreochromis sp*, localizados en la zona fría del Valle del Cauca, Colombia. Trabajo de grado. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 2003. p. 2. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/index/assoc/HASHb7e1.dir/doc.pdf>>

de la hembra durante 3-4 días hasta que eclosionan. Posteriormente las crías son protegidas durante 7-12 días por los padres que alejan a otros peces depredadores<sup>6</sup>.

**4.1.2. Características morfológicas.** De acuerdo con Moreno et al<sup>7</sup>, la tilapia roja es de cuerpo alargado y angosto con una boca pequeña que no llega al margen del ojo. La longitud de su cuerpo es de 3,0 a 3,1 veces el ancho de la cabeza y de 2,4 a 2,5 veces la altura.

**4.1.3. Hábitos alimenticios.** Alamilla<sup>8</sup> menciona que todas las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o bien de pequeños invertebrados o son piscívoros. Las adaptaciones estructurales de las Tilapias a esta dieta son principalmente un largo intestino muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos.

## **4.2. REPRODUCCIÓN.** El SAGPyA establece que:

Las principales tilapias cultivadas, pertenecen, al género *Oreochromis* que posee cuidados maternos, ejercidos sobre los huevos una vez fertilizados y también sobre sus crías en los primeros estadios. En el primer caso, la incubación es bucal y en el segundo, la madre actúa como refugio de la prole durante las primeras semanas de nacidas. En todos los casos y en forma natural, los machos excavan en el fondo de los cuerpos de agua donde habitan, construyendo nidos en aguas someras, a menos de 1,0 m. de profundidad. La hembra desova entre 1-2 huevos por gramo de peso y luego de la fertilización de la puesta por el macho, los recoge llevándolos en la boca hasta su nacimiento. Las larvas al nacer quedan en la cavidad bucal hasta la reabsorción de su vesícula vitelina y buscan a menudo refugio durante varios días, hasta después de inflar su vejiga natatoria.

Los autores mencionados determinan que la madurez sexual, en función de la edad y la talla, es por lo general temprana, a tamaño pequeño y edad juvenil. En estanques de cultivo y en el trópico, bajo condiciones de máximo crecimiento, alcanzan su madurez sexual a la edad de 5-6 meses y alrededor de los 150,0 g; aunque en condiciones de alimentación limitada, pueden reproducirse a pesos tan bajos como 20-30 gramos o menos aún; mientras que en condiciones de clima menos benigno,

---

<sup>6</sup> MORENO, A; RODRÍGUEZ, A; BARRIGA, I; ARREDONDE, J. Producción de tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) masculinizada con la hormona fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación. En: CIVA. II Congreso Virtual de Acuicultura. 2003, p. 77-88

<sup>7</sup> Ibíd., p. 80.

<sup>8</sup> ALAMILLA, Hugo. Cultivo de Tilapia. Buenos Aires, Argentina. Disponible en internet: <URL: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tilapia/tilapia.htm#3>>.



su respuesta al crecimiento es buena en los meses de mejores temperaturas, y su reproducción es menor<sup>9</sup>

**4.2.1. Selección de reproductores.** Según SAGPyA<sup>10</sup>, un reproductor debe cumplir con las siguientes características:

- Poseer un cuerpo proporcionalmente ancho comparado con su longitud, es decir que su cabeza contenga más de 1,5 veces el ancho del cuerpo.
- Tener cabeza pequeña y redonda
- Poseer buena conformación corporal (buen filete, cabeza pequeña, pedúnculo caudal corto, etc.)
- Libre de toda mal formación
- Ser cabezas de lote y estar sexualmente maduro
- Poseer buena coloración y en el caso de la tilapia roja estar libre de manchas.

**4.2.2. Estanques de reproducción.** El mismo autor afirma que deben tener un área entre 500 y 1500 m para facilitar la recolección de alevinos y la cosecha. Para asegurar una producción alta y constante, es importante monitorear con frecuencia parámetros como oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos. Se emplean estanques exteriores para las fases de maduración de reproductores y desove.

Los estanques interiores se utilizan para los procesos de reversión y preecra y son cubiertos con algún tipo de plástico para mantener la temperatura constante. En los estanques de reproducción es necesario tener un sistema antipajaros como mallas, para evitar la depredación de camadas y ataques a reproductores adultos.

**4.2.3 Siembra de reproductores.** De acuerdo con FIAGRO<sup>11</sup>, para obtener una buena reproducción de larvas se recomienda emplear una proporción de 1,5 a 2 machos por tres hembras, sin exceder 1,0 kg. de biomasa por metro cuadrado, debido a que se disminuye la postura.

**4.2.4 Desove.** El SIC describe la secuencia de los eventos característicos del comportamiento reproductivo (apareamiento) de la tilapia roja, de la siguiente manera:

---

<sup>9</sup> SAGPyA. Op. Cit., p. 1 - 2.

<sup>10</sup> Ibid., p. 6.

<sup>11</sup> Ibid., p. 6.

- Después de 3 a 4 días de sembrados los reproductores se acostumbran a sus alrededores.
- En el fondo del estanque el macho delimita y defiende su territorio. Limpiando un área circular de 20 a 30 cm. de diámetro forma su nido. En estanques con fondos blandos el nido es excavado con la boca y tiene una profundidad de 5 a 8 cm.
- La hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho.
- La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente sean fertilizados por el macho.
- La hembra recoge los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido. El macho continua cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día.
- Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha. Las hembras no se alimentan durante los periodos de incubación y cuidado de las larvas.
- En el día 5 o 7, los huevos fecundados son retirados de la cavidad oral y se ubican en incubadoras con flujo ascendente.
- Las hembras están listas para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a las larvas<sup>12</sup>.

### 4.3 DESARROLLO EMBRIONARIO

“Producida la fecundación, en pocos minutos de la hidratación final de los huevos, la división celular se produce en el polo animal observándose el primer clivaje, que da lugar al estadio dos células. La división celular y el desarrollo son continuos y si las condiciones del abastecimiento del agua, con buen contenido de oxígeno se mantiene con una temperatura media de 26°C, el desarrollo se completa satisfactoriamente, produciéndose la eclosión y salida de la larva”<sup>13</sup>.

El desarrollo de un embrión generalmente es un proceso delicado y cualquier tipo de anomalía mas allá de lo tolerable puede causar daños irreparables e irreversibles a los huevos en desarrollo. Los límites de tolerancia pueden ser diferentes para huevos de distintas especies.

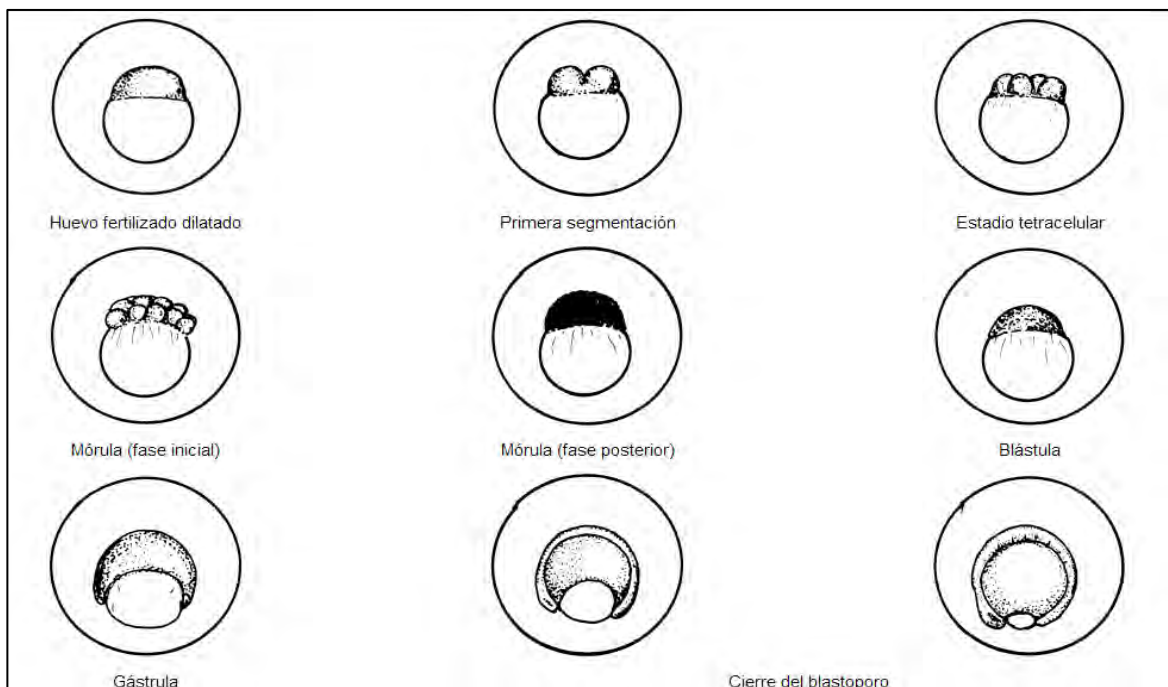
---

<sup>12</sup> SIC. Op. Cit., p. 4.

<sup>13</sup> TRATADO DE COOPERACION AMAZONICA. Piscicultura amazónica. Lima, Peru. Agosto, 2002. Citado por: SOLARTE, Ana. Evaluación de diferentes densidades de incubación de huevos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) mediante un sistema de incubación artificial en la estación piscícola Alto Magdalena, Gigante Huila, Colombia. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2008. 144 p.

Cuando termina el proceso de dilatación del huevo, las dos partes de la masa central están ya perfectamente formadas y son fácilmente distinguibles por su forma y su color. El polo animal se alza como un pequeño promontorio sobre la masa vitelina y adquiere una coloración amarillo oscura. Tras un breve intervalo, cuya duración depende de la temperatura del agua, comienza la segmentación del polo animal y el promontorio unicelular se divide sucesivamente en 2, 4, 8, 16 y 32 células. En esa fase presenta el aspecto de una mora y por ello ese estadio se conoce con el nombre de mórula (Figura 1). Las subdivisiones sucesivas de esas células producen un blastodermo multicelular, que al principio no tiene más que una capa de células y gradualmente adquiere varias capas. Cada una de estas células se llama "blastómero". A medida que el número de blastómeros aumenta, su tamaño disminuye. En el estadio de mórula el embrión es muy sensible a las sacudidas y las células pueden desprenderse de la superficie, causando la muerte del embrión. Más tarde aparece entre el vitelo y la masa celular un espacio denominado cavidad de segmentación. Se dice entonces que el embrión se halla en el estadio de blástula<sup>14</sup>

**Figura 1. Desarrollo del huevo fertilizado**



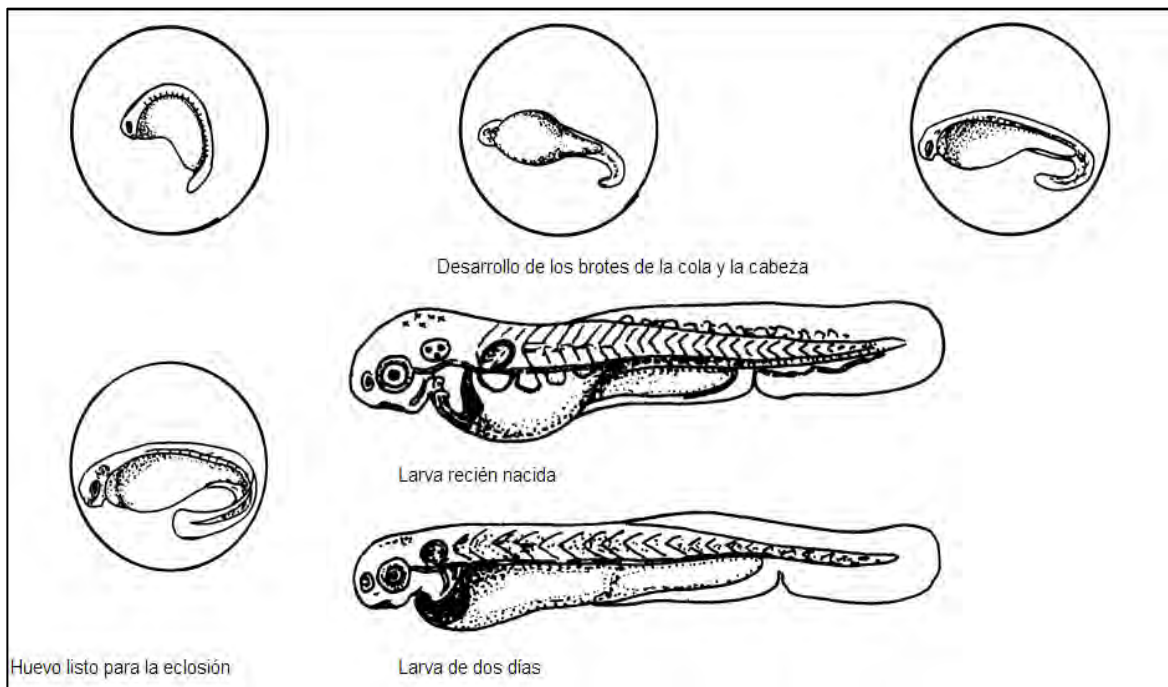
Fuente: WOYNAROVICH, E. Y HORVATH, L. 1981.

Inicialmente las células del blastodermo se disponen encima del vitelo formando una especie de gorro. A medida que avanza la división celular, las células comienzan a

<sup>14</sup> WOYNAROVICH, E. Y HORVATH, L. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Brasil. Junio, 1981. Disponible en internet: URL: <http://www.fao.org/docrep/005/ac908s/AC908S05.htm#Fig27>

envolver el vitelo hasta rodearlo completamente, dejando solo en el extremo una pequeña apertura, el blastoporo, que más tarde se cierra también. Se llega así al punto de transición entre el estadio germinativo inicial y el estadio de desarrollo embrional. La masa celular adquiere mayor espesor y se dispone en forma de diadema en el lado opuesto al blastoporo. Al mismo tiempo aparecen en ambos extremos los brotes de la cabeza y de la cola. Poco después, ambos brotes son claramente definibles y aparecen los primeros segmentos de cuerpo. En la cabeza se desarrollan los ojos (Vesículas ópticas) y el brote de la cola empieza a crecer longitudinalmente. A mitad del proceso de desarrollo se forma el corazón y empieza a latir. Al mismo tiempo, en la superficie de la masa vitelina se forma un sistema capilar o un vaso sanguíneo. El embrión empieza a agitar la cola ocasionalmente y más tarde agita todo el cuerpo. Posteriormente, el embrión comienza a girar dentro del espacio perivitelino. Este movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, debilitándola y permitiendo al embrión romperla fácilmente y salir (Figura 2)<sup>15</sup>

**Figura 2. Desarrollo del embrión y la larva**



Fuente: WOYNAROVICH, E. Y HORVATH, L. 1981.

#### 4.4 EL CONCEPTO DE CALIDAD DE HUEVO

<sup>15</sup> WOYNAROVICH, E. Y HORVATH, L. Op., cit., p. 20

Según Kjorsvik et al<sup>16</sup>, la variación de la calidad de los huevos y larvas de los peces de cultivo es un factor limitante de la producción de semilla. Bromage et al<sup>17</sup> explican que la baja calidad de los huevos es el mayor obstáculo en el desarrollo de la acuicultura tanto de especies de agua dulce como marinas. En la industria acuícola, se espera que los huevos de buena calidad presenten baja mortalidad al momento de la fertilización y durante el desarrollo, eclosión y primera alimentación. “El término *calidad de huevos* hace referencia a la proporción de los mismos que completa exitosamente el desarrollo al siguiente estadio ontogenético de una camada. Desde el punto de vista del acuicultor, la calidad de los huevos indica el potencial de producción de semilla viable”<sup>18</sup>.

Campbell et al<sup>19</sup>, sustenta que la calidad de huevos está determinada por varios parámetros que frecuentemente cambian a lo largo de la estación reproductiva. Entre estos factores podemos mencionar el estado endocrino de la hembra durante la ovogénesis, la cantidad y calidad del alimento ingerido, parámetros físico-químicos del agua, estrés de los reproductores entre otros. Por lo tanto, es importante investigar la existencia de variaciones estacionales e interanuales en la calidad de los huevos para cada especie potencialmente cultivable, con el objeto de optimizar su recolección y la producción larval.

Para Kjorsvik et al<sup>20</sup>, los factores de calidad se pueden agrupar como parámetros de carácter físico, químico y genético, incluyendo además los relacionados con los procesos iniciales que ocurren en el momento de la fertilización, de acuerdo a la definición que amplían Bonnet et al<sup>21</sup>.. Lahnsteiner et al<sup>22</sup>. los determinan como

---

<sup>16</sup> KJORSVIK, E; MANGORJENSEN, A; HOLMEFJORD, I. Egg quality in fish. En: Advances in marine biology. Vol. 26. p. 71 – 113. Citado por: Abud et al. Evaluación de la calidad de los huevos de Besugo (*Pagrus pagrus*) durante seis estaciones reproductivas consecutivas. [Citado en 22 Mayo de 2013]. Disponible en Internet: < <http://www.revistapuerto.com.ar/PDFBiologia/150.pdf>>

<sup>17</sup> BROMAGE, NR; JONES, J; BANDALL, C. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). En: Aquaculture. Enero, 1992, vol. 100. p. 141 – 166.

<sup>18</sup> *Ibíd.*, p. 141 - 166

<sup>19</sup> CAMPBELL, PM; POTTINGER, TG; SUMPTER, JP. Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. En: Biology of Reproduction, Mayo, 1992, vol. 47, p. 1140 – 1150. Disponible en Internet: < <http://www.biolreprod.org/content/47/6/1140.full.pdf+html>>

<sup>20</sup> KJORSVIK, E; MANGORJENSEN, A; HOLMEFJORD, I. Op. cit., p. 71 – 113.

<sup>21</sup> BONNET, E; FOSTIER, A y BOBE, J. Characterization of rainbow trout egg quality: A case study using four different breeding protocols, with emphasis on the incidence of embryonic malformations. En: Theriogenology. Marzo, 2007, vol. 67. No. 4, p. 786–794.

intrínsecos (edad de la reproductora, componentes genéticos, morfología, composición y talla del huevo, entre otros) o extrínsecos (estado de maduración, condiciones de manejo y manipulación, incubación, calidad del agua, entre otros). Kato y Kamler<sup>23</sup> los clasifican en lineales (dimensionales, morfométricos o biométricos, según otros autores) y de composición. Cualquiera que sea el tipo de agrupamiento, se incluyen los factores que normalmente han sido objeto de análisis.

Campos et al<sup>24</sup> encontraron que en *O. niloticus*, la condición de exponer patrones individuales de desarrollo ovárico, asincrónicamente cada 3 – 4 semanas, y una baja fecundidad se convierten en limitaciones prácticas en sistemas productivos de semilla. En lo que se refiere a relaciones de producción y factores considerados de calidad, los autores encuentran que el fotoperiodo incide en los índices productivos, favoreciendo número de desoves y fecundidad en hembras mantenidas en regímenes de 18L:6O; por el contrario parámetros dimensionales como el diámetro y el volumen del huevo se incrementan en fotoperiodos estables de 12L:12O. “Esta situación adquiere importancia en tanto finalmente los resultados operativos serán un equilibrio entre la cantidad y la calidad (entendida con base en factores de dimensión) del huevo; existe para tilapias la tendencia de obtener huevos de mayor tamaño a partir de hembras también más grandes, y de estos igualmente se espera lograr al final larvas de talla inicial superior”<sup>25</sup>.

Tsadik relacionó:

Los efectos del nivel de alimentación en las reproductoras, el flujo de agua y la densidad de manejo de las hembras, cada uno de forma independiente, con el peso de los huevos obtenidos; sobre los demás parámetros de calidad; tal efecto no se demuestra, aunque reconocen que la determinación precisa de estas posibles

---

<sup>22</sup> LAHNSTEINER, F; WEISMANN, T y PATZNER, RA. Physiological and biochemical parameters for egg quality determination in lake trout, *Salmo trutta lacustris*. En: Fish Physiology and Biochemistry. Mayo, 1999, vol. 20, no. 4, p. 375–388.

<sup>23</sup> KATO, T y KAMLER, E. Criteria for evaluation of fish egg quality, as exemplified for *Salmo gairdneri*. En: Aquaculture. 1988, vol. 4, p. 61–78.

<sup>24</sup> CAMPOS, A; MCANDREW, BJ; COWARD, K y N BROMAGE, Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. En: Aquaculture. Marzo, 2004, vol. 231. p. 299 – 314.

<sup>25</sup> COWARD, K y BROMAGE, NR., Spawning frequency, fecundity, egg size and ovarian histology in groups of *Tilapia zillii* maintained upon two distinct food ration sizes from first-feeding to sexual maturity. En: Aquatic Living Resources, Febrero, 1999, vol. 12, no. 1, p. 11 – 22.

interacciones requiere de mayor experimentación. Para sistemas de obtención de semilla en *O. niloticus* concluyen que los mejores resultados se obtienen con la combinación de bajas densidades, bajos flujos y una reducida tasa de alimentación a las reproductoras, dentro de los rangos experimentales en los que estos factores fueron trabajados<sup>26</sup>.

En términos de calidad de la ova en tilapia nilotica, a través de la determinación de la composición química, se presenta uno de los primeros registros e intentan relacionar estas variables con el contenido proteico de las dietas ofrecidas a las reproductoras. Aproximan a un 56% y un 38% los contenidos de proteína y lípidos totales, respectivamente, presentes en los huevos post-vitelogenicos en la especie. Un resultado particularmente interesante del estudio es que, por lo menos bajo las condiciones experimentales establecidas, no se asocian los niveles de proteína en la dieta con la composición química global de los huevos; se concluye que con dietas que contengan un mínimo de requerimientos dietarios, no se afecta el contenido de proteínas y lípidos totales.

Valoraciones de mayor complejidad son presentadas por Johanning y Specker, para el caso particular de *O. mossambicus* y caracterizando las proteínas vitelínicas en huevos con diferentes estadios de desarrollo vitelogénico. Describen que:

Para las tilapias, a diferencia de otros peces, se producen dos tipos de vitelogenina, lo cual es una condición única; desde estadios de desarrollo oocitario temprano hasta tardío, el incremento en diámetro va desde 0.4 mm hasta los 2.7 mm, permitiendo disponer de grupos de ovas en seis momentos claramente definibles, con base en este factor dimensional. Esta división confirma la clasificación en los estadios que se pretenden separar con la parte metodológica propuesta para el proyecto. Aunque no relacionan algún parámetro de calidad, la contribución descriptiva sobre esta composición permitirá efectuar asociaciones de desempeño, al evaluar comparativamente variables integradas al huevo y su posible interacción con los alevinos obtenidos<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> TSADIK, G, Effects of Maternal Age on Fecundity, Spawning Interval, and Egg Quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Journal of the World Aquaculture Society. Octubre, 2008, vol. 39, no. 5, p. 671 – 677.

<sup>27</sup> JOHANNING K y JL Specker, 1995. Characterization of yolk proteins during oocyte development of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. En: Comparative Biochemistry and Physiology. Octubre, 1995, vol. 112, p. 177 – 189.

Los sistemas de mejoramiento y optimización en la producción de alevinos de tilapia en Colombia se pueden considerar como de aplicación reciente. En efecto, Quintero y Wills<sup>28</sup> mencionan apenas la obtención clásica de semilla, sin la utilización de esquemas de retiro de puestas directamente de las hembras, con los procedimientos de recolección denominados en las granjas como “larveo”. Es evidente entonces que, salvo la incorporación reciente de material genético externo y la utilización de métodos de incubación, no existe una visión de punta destinada a valorar la calidad de la semilla desde la base, es decir, desde la evaluación de las características de la ova como un determinante de la calidad del alevino que es posible producir.

Prieto y Olivera<sup>29</sup> coinciden con lo expuesto y generalizan que los principales problemas en la producción comercial de semilla de tilapia es una baja producción de huevos/desove, alta frecuencia de desoves, temprana madurez sexual, obtención de larvas y alevinos de diferentes tallas, baja fecundidad, tiempo invertido y desgaste energético durante el cuidado parental. Como es evidente, varias de estas limitantes se pueden asociar directamente a condiciones relacionadas con la estructura de la ova y, por tanto, la definición de características que puedan generar un escenario definitorio de calidad del huevo se convierte entonces en un eje transversal que aborda parte de la problemática común que describen los autores, enfatizando la necesidad de involucrar la calidad dentro de esquemas productivos de semilla.

**4.4.1 Nutrición de reproductores.** La calidad nutricional de las dietas utilizadas en los planteles de padrotes será el origen primario de los componentes presentes en los huevos. Entendiendo que el desarrollo embrionario en los peces está totalmente ligado a los nutrientes almacenados en el vitelo, particularmente en salmónidos se constituye en un factor relevante, dado el prolongado periodo de dependencia del embrión por causa de los también extensos tiempos de incubación que son característicos del grupo<sup>30</sup>. Izquierdo et al<sup>31</sup> afirman que los

---

<sup>28</sup> QUINTERO, LG y WILLS, A. Reflexiones sobre la acuicultura en Colombia. En: Alzate H y LG Parra (Eds). Medicina Veterinaria y Zootecnia en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2002, Bogotá., p. 501.

<sup>29</sup> PRIETO C y OLIVERA, M. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp.* En Revista colombiana de ciencias pecuarias. Enero, 2002, Vol. 15, no.1. p. 43.

<sup>30</sup> KNOX, D; BROMAGE, NR; COWEY, CB y SPRINGATE, JR. The effect of broodstock ration size on the composition of rainbow trout eggs (*Salmo gairdneri*). En: Aquaculture. Mayo, 1988, vol. 69, p. 93–104.

<sup>31</sup> IZQUIERDO, MS; FERNÁNDEZ, H y TACON, AGJ. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. En: Aquaculture. Enero, 2001, vol.197, p. 25-42.



problemas de supervivencia en los primeros estadios de desarrollo se asocian directamente con los regímenes alimenticios, niveles de nutrientes y frecuencias de suministro en las dietas utilizadas sobre los grupos de reproductores.

“De aquí se concluye que los requerimientos para nutrición y crecimiento deben encontrarse en las cantidades y proporciones adecuadas en el huevo mismo y, por tanto, el acercamiento a estas mediciones antes de la fertilización podría ser empleado como factor definitorio de calidad”<sup>32</sup>, “aunque se establece que podría ser insuficiente indicador cuando se les considera como factores últimos de predicción, dado que la variabilidad observada sugiere respuestas de carácter especie-específicas”<sup>33</sup>

Kjorsvik et al determinaron que “las principales variables respuesta bajo las que la calidad de los gametos es medida, se da en la supervivencia en dos momentos del desarrollo: eclosión (o eficiencia de la incubación) y larvas en alimentación (o eficiencia en el proceso de reabsorción), y será esta cuantificación la que permita asociar factores del huevo con indicadores de producción”<sup>34</sup>. Para *O. niloticus*, entre los primeros trabajos que involucran y asocian resultados de eficiencia (vg calidad) de la larva bajo criterios de % fertilización y % eclosión se tiene los resultados de Gunasekera et al<sup>35</sup>. Aunque no registran diferencias en la fertilización, encuentran un mayor y significativo porcentaje de eclosión en ovas provenientes de hembras alimentadas con el mayor contenido de proteína en la dieta (35% PB). Resultados equivalentes en lo que se refiere al tiempo en el que ocurre la primera maduración registran El-Sayed y Kawanna<sup>36</sup>, al relacionar periodos más cortos con mayores porcentajes de proteína (35 y 40%) que el que se obtiene con un suministro de dietas con menor contenido (30%); también las hembras tienden a presentar un menor intervalo entre puestas cuando se alimentan con un superior porcentaje proteico en la dieta.

---

<sup>32</sup> KJORSVIK, E; MANGORJENSEN, A; HOLMEFJORD, I. Op. cit., p. 71 – 113.

<sup>33</sup> IZQUIERDO, MS; FERNÁNDEZ, H y TACON, AGJ. Op. cit., p. 25-42.

<sup>34</sup> KJORSVIK, E; HOEHNE, K y KI, REITAN. Egg and larval quality criteria as predictive measures for juvenile production in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). en: Aquaculture. Noviembre, 2003, vol. 227, p. 9 – 20.

<sup>35</sup> GUNASEKERA, R; SHIM, KF y TJ, LAM, Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Aquaculture. Julio. 1995, vol. 134, p. 169 – 183. - .

<sup>36</sup> EL-SAYED, AF y KAWANNA, M. Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. En: Aquaculture. Agosto, 2008, vol. 280. p.179 – 184..

Aunque los datos específicos sobre la fertilización del huevo y / o desarrollo del mismo son escasas, muchos estudios han demostrado que la restricción alimenticia puede tener efectos importantes en el éxito del desove, gametogénesis, huevo y el tamaño de las larvas. Otras investigaciones han mostrado que algunos componentes de la dieta de reproductores fueron necesarios para asegurar un desarrollo normal del embrión. Por ejemplo, los niveles subóptimos de vitamina E resultaron en una reducción de la supervivencia de larvas y el aumento de anomalías en el desarrollo. Los ácidos grasos esenciales también garantizan el desarrollo normal embrionario y larval, sus deficiencias generan una reducción de viabilidad de los huevos, baja supervivencia de embriones y malformaciones<sup>37</sup>.

---

<sup>37</sup> IZQUIERDO, MS; FERNÁNDEZ, H y TACON, AGJ. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. En: Aquaculture. Enero, 2001, vol.197, p. 25-42. Citado por: BOBE, Julien y LABBÉ, Catherine. Egg and sperm quality in fish. En: General and Comparative Endocrinology. 2009, p. 1 – 14.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó en las instalaciones de la Estación Piscícola de Piedra Pintada que opera bajo el manejo administrativo de la Central de Cooperativas de Caficultores del Huila (CENTRACAFE); la cual está localizada en el municipio de Aipe, a 36 km de la ciudad de Neiva a 390 msnm y mantiene una temperatura promedio de 28.5°C.

**Figura 3. Localización geográfica del Municipio de Aipe, Huila, Colombia.**



Fuente Google Earth

### 5.2 PERÍODO DE ESTUDIO

La investigación se desarrolló durante 6 meses, tiempo en el cual se realizó la adquisición de materiales y equipos, muestreo, selección de hembras, obtención de huevos, medición de ovas, análisis de muestras, incubación, larvicultura, registros de eficiencia, elaboración de informes parciales e informe final.

### 5.3 INSTALACIONES

Se utilizó un estanque de 2000 m<sup>2</sup>, en el cual se ubicaron dos hapas de 6m de largo x 20 m de ancho, con capacidad para 420 reproductores. La eclosión y manejo de los huevos se efectuaron en laboratorio interior conformado por 10 incubadoras tipo Mc Donalds de 6 L con flujo ascendente y bandejas plásticas de 5 L de capacidad. La etapa de reversión se desarrolló al exterior en hapas (0,8m x 0,8 m) dispuestas en un estanque de 2000 m<sup>2</sup>, con recambios de agua del 2% diario.

### 5.4 MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

- Equipo de pesca
- Balanza analítica Mettler H51 (160g – 0,00001g)
- Termo nitrógeno líquido 5 litros
- Estereoscopio con reglilla Olympus CX
- Contador manual
- Calibrador digital
- Termómetro de mercurio
- Micrómetro
- Hielo seco
- Probetas de 100 ml)
- Buretas de 50 ml con sus respectivos soportes)
- Vidrios de reloj
- Cajas de portaobjetos
- Nitrógeno líquido
- Recipientes plásticos
- Alimento comercial del 35 y 38% de PB
- Alimento para reversión tilapia
- Reproductores seleccionados de tilapia
- Formol 40%
- Ácido acético
- Incubadoras tipo McDonald de 2 litro
- Canastillas para larvas de tilapia
- Ictiometros
- Neveras plásticas térmicas
- Cromatógrafo de gases Shimadzu® GC-14<sup>a</sup>
- Reactivo de metilesterificación MethPrep II (Alltech Associates Inc., Deerfield, IL, USA)

- Equipo HACH. (Modelo FF1A).
- Columna Supelco® Omegawax 320, de 30 m x 0,32 mm x 0,25 µm de grosor de película.
- Rampa de temperatura

## 5.5 MATERIAL BIOLÓGICO

Se evaluaron 840 reproductores distribuidos en dos unidades experimentales conformadas cada una por 420 ejemplares, en una relación 3 a 1 aproximadamente (Figura 4).

**Figura 4. Reproductor de tilapia roja (*Oreochromis sp*)**



## 5.6. PLAN DE MANEJO

Los estanques de reproductores y reversión se vaciaron completamente, posibilitando la exposición del fondo a los rayos solares, asegurando el secado total y la eliminación de posibles agente patógenos. Posteriormente, se agregó cal sobre el piso y las paredes del estanque a razón de 200kg/Ha (Figura 5). Una semana después se procedió al llenado lento de los estanques hasta obtener una columna de agua de 0,1m por un periodo de 2 días. Finalmente, se retiró el agua con cal y se llenó completamente los estanques.

**Figura 5. Adecuación de estanques.**



**5.6.1. Siembra de Reproductores y Alimentación.** Los reproductores fueron sembrados en dos hapas de reproducción en cada hapa se dispuso 300 hembras y 120 machos. Se alimentaron con balanceado comercial formulado para tilapias de 30% y 38% proteína bruta (PB) para los tratamientos experimentales, con una frecuencia de dos veces al día y al 2 % de la biomasa. En la fase de reversión se alimentó ocho veces diarias con alimento comercial para reversión al 10% de la biomasa durante 30 días.

**5.6.2. Obtención y selección de puestas.** Se revisaron e identificaron las hembras que poseían huevos en su cavidad oral (Figura 6), obteniendo la producción de diez hembras seleccionadas al azar, según las posibilidades de la infraestructura presentes en el área experimental. Se procedió a registrar la longitud total y el peso de cada ejemplar. Los huevos retirados se mantuvieron en recipientes separados, marcados y oxigenándolos luego fueron clasificados, según su estadio de desarrollo definido por la escala de Tsadik y Bart<sup>38</sup> así:

- **Estadio 1.** Huevos sin desarrollo visible, e incluye los productos infértiles o recientemente fertilizados.
- **Estadio 2.** Embriones pigmentados, con presencia de melanóforos en su superficie.

---

<sup>38</sup> TSADIK, G y A, Bart. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Aquaculture. Noviembre, 2007, vol. 272, p. 380 – 388.

- **Estadio 3.** Embrión bien desarrollado con ojos pequeños
- **Estadio 4.** Larva eclosionada o con cola.

El ensayo se adelantó exclusivamente con huevos en estadio 2, en los que existe leve variación en la composición química debido a la utilización de nutrientes por parte del embrión.

**Figura 6. Selección de reproductores y extracción de huevos.**



**5.6.3 Escala de fertilización.** Se efectuó en el momento del retiro de la puesta de la cavidad bucal de la hembra y antes de ingresar al sistema de incubación. Para el efecto, una muestra se colocó en una solución aclaradora de ácido acético: agua: etanol (en proporción de 1: 1: 1) durante 1 a 2 min, que permitió cuantificar el número y la proporción de embriones en proceso normal de desarrollo. Con la anterior información se procedió a establecer la relación del número de ovas normales y la cantidad de huevos no fertilizados.

**5.6.4 Pesaje y medición de huevos.** Los óvulos fueron pesados antes de la incubación, con el fin de determinar la fecundidad, luego se tomó una muestra de 100 huevos de cada hembra seleccionada al azar y se determinó el diámetro promedio de cada uno mediante un calibrador digital y aproximación de 0.01 mm.

**5.6.5 Incubación.** Los huevos fueron lavados y desinfectados con una solución salina de 25 ppm, durante un periodo de 20 segundos (Figura 7), posteriormente

los huevos provenientes de las 10 hembras muestreadas al azar de cada tratamiento se dispusieron en una incubadora de 6 litros.

**Figura 7. Lavado y desinfección de huevos.**



**5.6.6 Determinación de la composición de huevos.** Se realizó un análisis proximal según el método de Weende, para determinar la cantidad de proteína y lípido de los huevos.

Según Lu y Takeuch<sup>39</sup>, el contenido de agua en las ovas asciende a un 58 - 59 % aproximadamente, por lo que se requirió unas 250 ovas/hembra (aproximadamente de 1 a 2 g) como número suficiente para las pruebas. El transporte de huevos hasta el laboratorio, se realizó con las muestras congeladas en nitrógeno líquido (- 170 °C) y se mantuvieron en esta temperatura hasta que los análisis fueron realizados.

La extracción de los lípidos de las ovas se realizó siguiendo la metodología de Folch et al<sup>40</sup> y la determinación cromatográfica de los ácidos grasos según lo descrito por Betancourt et al<sup>41</sup>, de la siguiente manera:

---

<sup>39</sup>Ibid., p.625 – 640.

<sup>40</sup> FOLCH J, Lees M y GHS Stanley. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. En: Journal of Biological Chemistry. Mayo, 1957, vol. 226, p. 497 – 509



- Se estandarizó una muestra de ovas de 1 g (peso húmedo) a 4°C, con una solución de cloroformo y metanol (2:1), utilizando un homogeneizador de tejidos de vidrio esmerilado.
- Se filtró la muestra, se midió el volumen filtrado y se centrifugó a 2000 rpm durante 15 min.
- El extracto se separó en dos fases: una fase acuosa superior y una fase orgánica inferior. La fase acuosa superior se eliminó con la ayuda de una pipeta y la fase orgánica se llevó a sequedad mediante vacío a temperatura ambiente.
- El extracto lipídico seco se disuelve con una solución de cloroformo: metanol (1:1), y a una alícuota de 20 µl se le adiciona el metilesterificación, hasta obtener los metilésteres de los ácidos grasos, mediante un cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama (260°C).
- La separación se realizó mediante una rampa de temperatura (temperatura inicial de 80°C, 10°C/min hasta 190°C, 20 min a 190°C, 2°C/min hasta 220°C y 10 min 220°C). Se utilizó helio como gas transportador.
- Los metil-ésteres de los ácidos grasos se identificaron por comparación con los tiempos de retención de una mezcla comercial estándar de ácidos grasos (Supelco 37 component FAME Mix, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA). Estos análisis se adelantaron en el laboratorio de Toxicología de la Universidad Nacional de Colombia.

**5.6.7 Reabsorción del saco vitelino.** Una vez que eclosionaron los huevos, las larvas con saco vitelino salieron a la superficie, dejando las incubadoras y cayendo a las bandejas plásticas, donde permanecieron hasta que presentaron nado horizontal y terminaron de reabsorber su reserva vitelínica.

**5.6.8 Larvicultura.** Esta etapa se inicia en la reabsorción del saco vitelino y se caracteriza por los movimientos natatorios de los especímenes y la capacidad de recibir alimento exógeno. Las larvas se sembraron en hapas ubicadas en estanques de tierra durante 30 días, periodo en el cual se efectuó el proceso de inducción al sexo.

**5.6.9 Medición de parámetros físicos y químicos.** La calidad físico-química del agua en los estanques de reproducción y reversión se monitoreo tres veces al día, utilizando las técnicas colorimétricas y de volumetría a través de un equipo de campo comercial; determinando temperatura, pH, oxígeno tres veces al día, parámetros como nitritos, nitratos, amonio, dióxido de carbono, dureza y alcalinidad se tomaron una vez al día.

---

<sup>41</sup> BETANCOU, L; DÍAZ, GJ; AGUILAR, X y RÍOS. J. Effect of ensiled trout (*Oncorhynchus mykiss*) intestines on productive traits of broiler chickens and the content of omega-3 fatty acids in liver, thighs and breast. En: Livestock Research for Rural. 2005, vol. 17, no. 9

## 5.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se aplicó una prueba F para determinar si existieron varianzas iguales o diferentes entre los tratamientos para cada variable evaluada. Posteriormente, se utilizó la prueba T para varianzas iguales o diferentes teniendo en cuenta el resultado obtenido en la prueba F. El tratamiento que presentó un alto valor en la media fue el mejor.

**5.7.1 Tratamientos.** Se evaluaron dos tratamientos conformados cada uno por 420 reproductores (300 hembras y 120 machos) de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*), de la siguiente manera:

**T1:** Reproductores alimentados con concentrado comercial del 30% de PB

**T2:** Reproductores alimentados con concentrado comercial del 38% de PB

**5.7.2 Formulación de Hipótesis.** Se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas para los distintos tratamientos, evaluando las variables de incremento de talla, peso, sobrevivencia y las diferentes características de calidad de huevo por tratamiento.

**H0: Hipótesis nula.** Los resultados obtenidos para cada valor medio de las diferentes variables no demuestran diferencias altamente significativas entre todos los tratamientos, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

**H1: Hipótesis alterna.** Existe por lo menos un tratamiento que presenta un resultado medio en las variables estudiadas que demuestre diferencias altamente significativas, de tal manera que:

$$H_1 \neq \mu_1 \neq \mu_2$$

### 5.7.3 Variables evaluadas

- **Sobrevivencia.** Número total de animales vivos según fase experimental y periodo de estudio. Se calcula de acuerdo a la siguiente formula:

$$S = \left( \frac{Nf}{Ni} \right) \times 100$$

S: Sobrevivencia

Ni: Número inicial del animales

Nf: Número final de animales

- **N° de ovas por Hembra:** Cantidad de ovas obtenidas durante el procedimiento de extracción dividido por la cantidad de hembras evaluadas.

$$N^{\circ} \text{ ovas} = \frac{N^{\circ} \text{ ovas extraidas}}{N^{\circ} \text{ hembras}}$$

- **Diámetro de huevo:** Se calculó según la fórmula definida por Coward y Bromage<sup>42</sup>:

$$\text{Diametro medio} = (\text{Long eje mayor} + \text{long eje menor})/2$$

- **Peso del huevo:** Se pesaron muestras de 100 huevos empleando balanza de precisión, con aproximación de 0,01 g, para determinar el peso medio/ova de cada hembra experimental.
- **Volumen del huevo.** Volumen de agua desplazado por 100 huevos en una probeta, aproximando hasta un mm<sup>3</sup>.
- **Densidad del huevo.** Se calculó a través de la relación matemática peso/volumen, lo que definió la densidad media/ova.

$$\text{Densidad del huevo} = \frac{\text{Peso del huevo}}{\text{Volumen del huevo}}$$

- **Porcentaje de fertilización efectiva.** Se registra desde el momento de retiro de los huevos de la cavidad bucal y la eclosión.
- **Porcentaje de eclosión.** Se contaron manualmente las larvas eclosionadas.

---

<sup>42</sup> COWARD, K y BROMAGE, NR. Op., cit. p. 11 – 22.

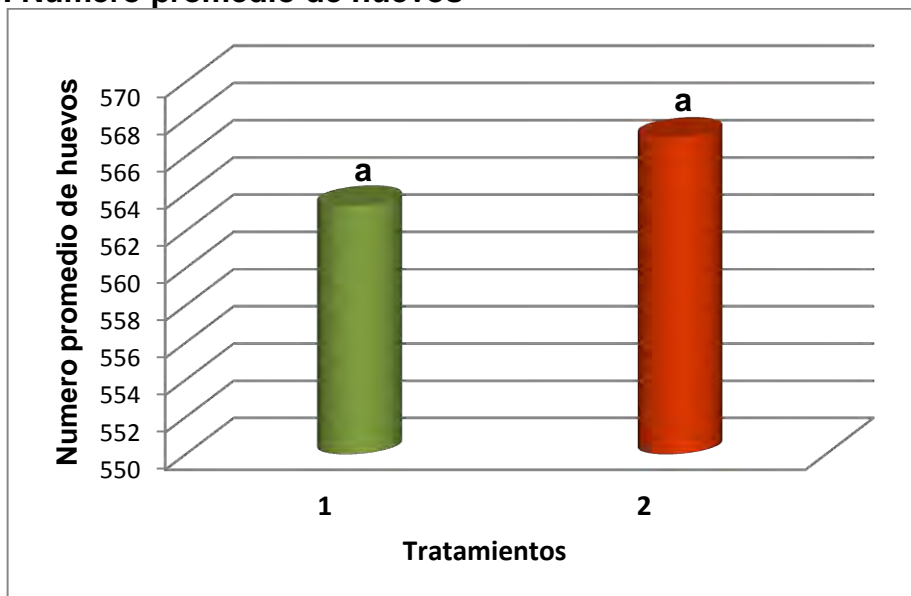
- **Porcentaje de supervivencia de reabsorción de saco vitelino.** Se determinó el número de individuos vivos desde el momento en que reabsorben el saco vitelino y consumen alimento inerte por primera vez.
- **Porcentaje de supervivencia fase de reversión.** Estableció el número de ejemplares vivos al final del periodo de iniciación al sexo.

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 NÚMERO PROMEDIO DE HUEVOS Y NUMERO DE HUEVOS POR GRAMO DE PESO

La prueba de F para varianzas de dos muestras no detectó diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo A), en consecuencia se aplicó la prueba T para dos muestras, suponiendo varianzas iguales, indicando que no existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los dos tratamientos evaluados para estas variables (Anexo B).

Figura 8. Número promedio de huevos

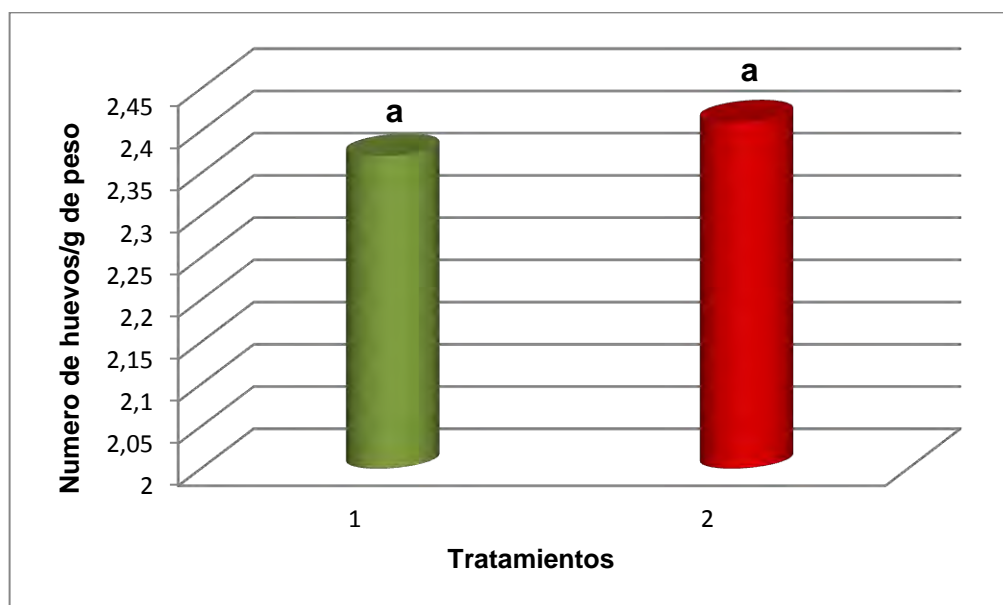


El porcentaje de proteína del alimento del 30 y 38% no afecta la fecundidad, sin embargo, los valores de este estudio ( $563 \pm 114,49$  con 30% de PB y  $567 \pm 130,81$  con 38% de PB) son mayores a los obtenidos por Gunasekera et al<sup>43</sup> con un número de huevos de  $397,5 \pm 38,8$ ;  $359,2 \pm 30,9$ ;  $261,2 \pm 15,4$ , al alimentar a reproductores de tilapia *nilotica* con porcentajes de proteína del 35, 20 y 10% respectivamente; explicando que los valores de proteína manejados en la investigación son favorables para la alimentación de reproductores de tilapia roja y se ve reflejado en la mayor producción de huevos.

<sup>43</sup> GUNASEKERA, M; SHIM, K.F y LAM, T.J. Influence of protein content of broodstock diets on larval quality and performance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Aquaculture. Noviembre, 1996, vol. 146 no. 4, p. 245 – 259.

Según Gunasekera et al<sup>44</sup> explica que el número de huevos y de desoves tiende a aumentar a medida que aumenta el nivel de proteína de la dieta, los mencionados investigadores registraron en su ensayo una mayor cantidad de huevos, en hembras alimentadas con 35% de proteína con valores promedio de  $449 \pm 43$  y  $626 \pm 54$  en los cuatro desoves estudiados. Santiago et al<sup>45</sup> demostró que en la carpa (*Cyprinus sp*), las hembras alimentadas con una dieta de proteína de 40% tuvieron significativamente mayor número de huevos por kg de peso corporal, comparadas con hembras alimentadas con el 20% de proteína.

**Figura 9. Numero de huevos por gramo de peso**



El número de huevos por cada gramo de peso obtenido en este estudio es similar al reportado por Gunasekera et al<sup>46</sup>, con un valor de 2,40g, además manifiesta que la fecundidad relativa de las hembras no presenta diferencias estadísticas al ser alimentadas con dietas de proteínas diferentes, explicando que la fecundidad está

<sup>44</sup> GUNASEKERA, M; SHIM, K.F y LAM, T.J. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. En: Aquaculture. Octubre, 1996, vol. 146, no.2, p. 121 – 134.

<sup>45</sup> SANTIAGO, C.B, MACHO, AS y LARON, M.A. Growth and reproductive performance of big head carp (*Aristichthys nobilis*) reared with or without feeding in floating cages. En: Aquaculture. Agosto, 1991, vol. 96, no. 2, p. 109 – 117.

<sup>46</sup> GUNASEKERA, M; SHIM, K.F y LAM, T.J. Op. cit., p. 121 – 134.

relacionada directamente con el peso corporal del pez siendo difícil discriminar el efecto de la alimentación.

## 6.2 PESO PROMEDIO Y DIÁMETRO DE HUEVOS

La prueba de F para varianzas de dos muestras detectó diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo A), para la variable peso promedio y diámetro de huevos, por lo tanto se aplicó la prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales (Anexo C), la cual confirmó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los dos tratamientos evaluados con valores de peso promedio de  $7,5 \pm 1,09$  mg para el tratamiento 1 y  $9,17 \pm 3,20$  mg para el tratamiento dos y diámetro de  $2,17 \pm 0,4$  mm (T1) y  $2,19 \pm 0,52$  (T2)

El mejor peso promedio de huevos en este estudio fue de  $9,17 \pm 3,20$  mg (Figura 10) y es mayor al reportado por Hajizadeh et al<sup>47</sup>, con valores promedio de  $6,6 \pm 0,21$  mg y un porcentaje de proteína del 40,8% en el alimento suministrado a los reproductores, por otra parte Tsadik y Bart<sup>48</sup> determinaron pesos promedio de 0,27 mg, proporcionando alimento de 25% de PB. La investigación demuestra que el peso de los huevos, “está influenciado por la calidad de la dieta, la cual se manifiesta en un potencial de desempeño superior de los reproductores, mayor contenido de nutrientes en el citoplasma de los óvulos y por ende mejor desarrollo de los huevos (reflejados en el peso y diámetro) y crecimiento de las larvas y los alevinos”<sup>49</sup>

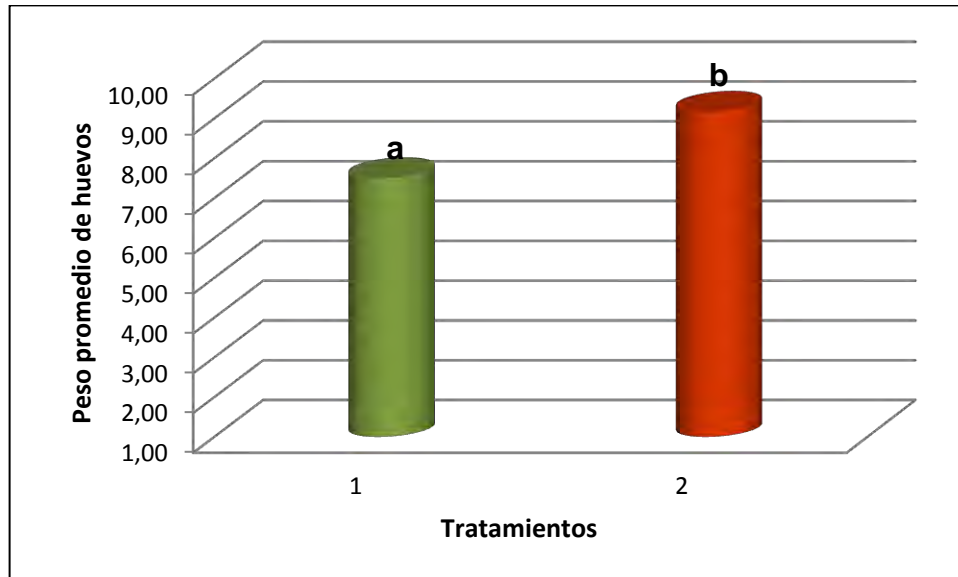
---

<sup>47</sup> HAJIZADEH, A; JAUNCEY, K. y RANA, K. Op. cit., p. 965 – 978.

<sup>48</sup> TSADIK, G y A, Bart. Op. cit., p. 380 – 388.

<sup>49</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

**Figura 10. Peso promedio de huevos**



Los diámetros promedio encontrados en este estudio (Figura 11), son superiores a los reportados por Tsadik y Bart<sup>50</sup> con valores de  $2,09 \pm 0,1$  mm en tilapia *nilotica* alimentada con un balanceado del 25%, indicando que al incrementar los porcentajes de proteína en el alimento de los reproductores, el diámetro de los huevos puede incrementarse considerándose beneficioso para el desarrollo futuro del embrión.

Takeuchi y Lu<sup>51</sup> establecieron valores de diámetro promedio de huevos similares a los obtenidos en esta investigación con un valor de  $2,1 \pm 0,2$  mm al alimentar reproductores de tilapia *nilotica* con *Spirulina sp* la cual contenía un 73,1 % de proteína, además Hajizadeh et al<sup>52</sup> registraron valores promedio de  $2,2 \pm 0,03$  mm en reproductores alimentados con el 40,8% de proteína bruta, comprobando que el suministro de alimentos de altos niveles de proteína, influyen positivamente en la reproducción de los peces. Gunasekera et al<sup>53</sup> concluyeron que las proteínas son uno de los componentes principales almacenados en el huevo, determinando que los porcentajes de proteína de 32 y 40% incrementan el tamaño de las ovas con relación a 17 y 25%.

<sup>50</sup> TSADIK, G y A, Bart. Op. cit., p. 380 – 388.

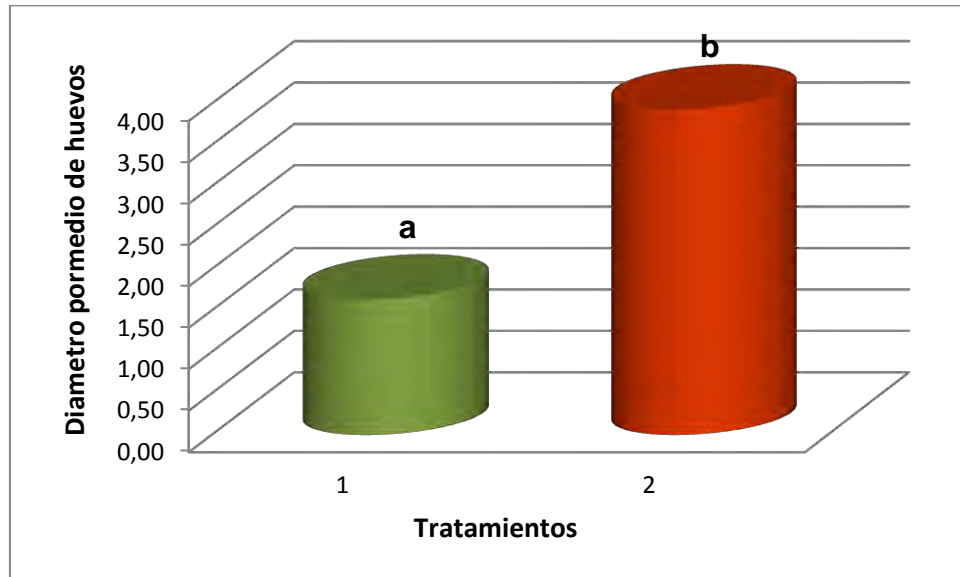
<sup>51</sup> LU, J y TAKEUCHI, T. op., cit. p.625 – 640

<sup>52</sup> HAJIZADEH, A; JAUNCEY, K. y RANA, K. Op. cit., p. 965 – 978.

<sup>53</sup> GUNASEKERA, M; SHIM, K.F y LAM, T.J. Op. cit., p. 121 – 134.



**Figura 11. Diámetro promedio de huevos.**



### **6.3 VOLUMEN Y DENSIDAD DE HUEVOS**

El volumen de huevos según la prueba de F para varianzas de dos muestras indicó que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo E), en consecuencia se aplicó la prueba T para dos muestras asumiendo varianzas iguales (Anexo F), la cual estableció diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) con valores de  $5,20 \pm 1,13 \text{ mm}^3$  y  $5,63 \pm 1,06 \text{ mm}^3$  para los tratamientos 1 y 2 respectivamente.

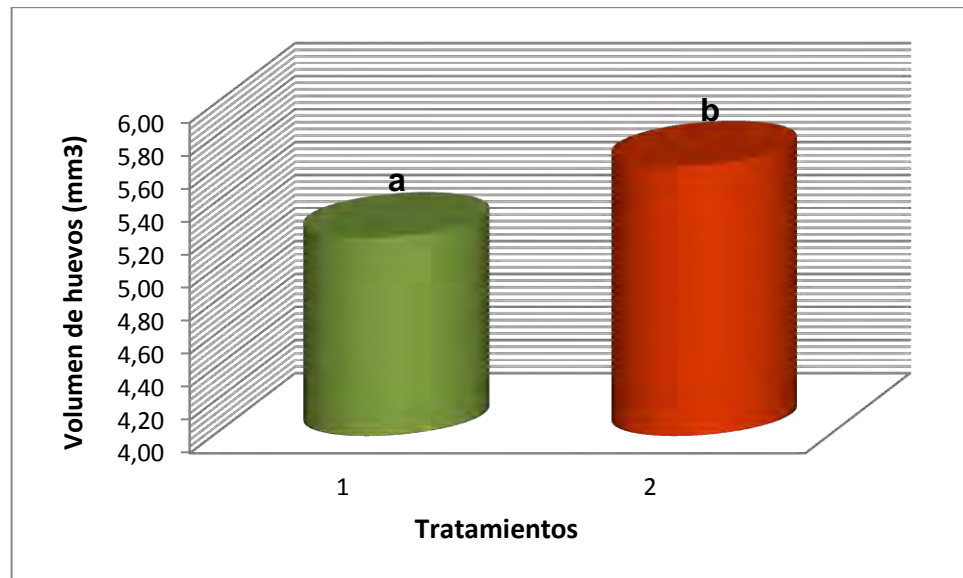
Con respecto a la densidad del huevo, la prueba de F para varianzas de dos muestras detectó diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo E), para la variable densidad de huevos, por lo tanto se aplicó la prueba T para dos muestras, suponiendo varianzas desiguales (Anexo F), la cual indicó que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre los dos tratamientos evaluados con valores de  $1,53 \pm 0,56 \text{ mg/mm}^3$  para el tratamiento 1 y  $3,93 \pm 1,18 \text{ mg/mm}^3$  para el tratamiento 2.

El volumen y densidad promedio de los huevos, calculados en el T2 con  $5,63 \pm 1,06 \text{ mm}^3$  (Figura 12) y  $3,93 \pm 1,18 \text{ mg/mm}^3$  (Figura 13) respectivamente, son similares a los reportados por Hajizadeh et al<sup>54</sup> con valores de  $5,6 \pm 0,24 \text{ mm}^3$  y

<sup>54</sup> HAJIZADEH, A; JAUNCEY, K. y RANA, K. Op. cit., p. 965 – 978.

3,17 mg/mm<sup>3</sup>, “confirmando el efecto positivo de la proteína en el volumen y densidad de los huevos”<sup>55</sup>, en complemento Craik y Harvey<sup>56</sup> y Hemming y Buddington<sup>57</sup> determinan que la cantidad de vitelo es determinante en el desarrollo inicial, crecimiento y supervivencia de las larvas de peces

**Figura 12. Volumen de huevos**



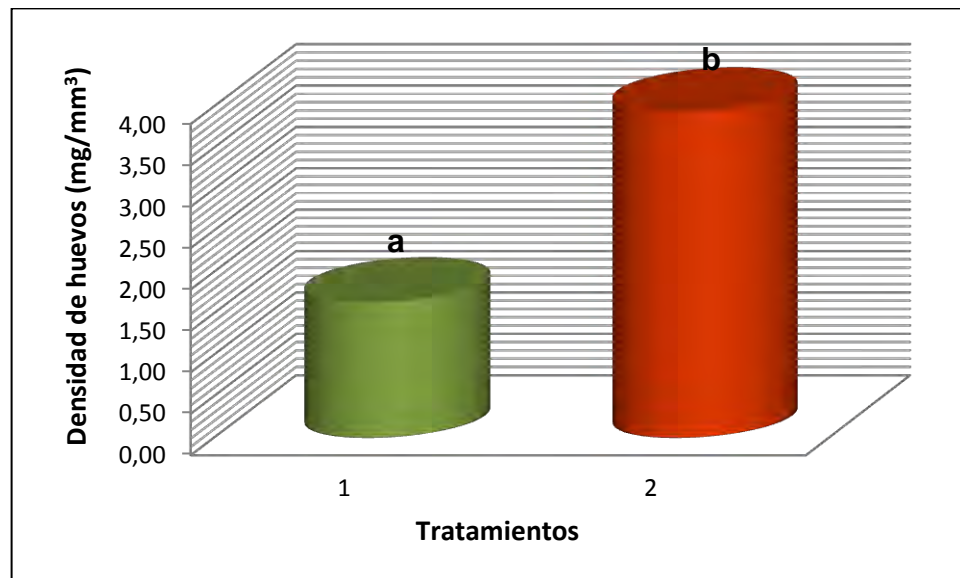
---

<sup>55</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

<sup>56</sup> CRAIK, JC y HARVEY, SM. Egg quality in rainbow trout: the relation between egg viability, selected aspects of egg composition, and time of stripping. En: *Aquaculture*, Julio, 1984, vol. 40, no. 2, p. 115–134.

<sup>57</sup> HEMING, T.A y BUDDINGTON R.K. Yolk absorption in embryonic and larval fishes. En: Hoar, W.S. & D.J. Randall (Eds.). *Fish Physiology*. 1988, vol. 11, p. 407 – 446.

**Figura 13. Densidad de huevos.**



#### **6.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HUEVOS**

La prueba de F para varianzas de dos muestras estableció diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo G) con relación a la composición grasa del huevo (Tabla 1), representada por el total de ácidos grasos poli-insaturados y mono insaturados, en consecuencia se aplicó la prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales (Anexo H), la cual demostró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en las componentes de ácidos grasos poliinsaturados y ácidos grasos saturados.

**Tabla 1. Composición grasa del huevo de tilapia roja**

<b>Componente</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
<b>Ácidos grasos poliinsaturados (%)</b>	23,9	35,4
<b>Ácidos grasos mono insaturados (%)</b>	34	32,7
<b>Ácidos grasos saturados (%)</b>	32	42,1
<b>Ácidos de la serie <math>\Omega</math>3 (%)</b>	12	12,1
<b>Ácidos de la serie <math>\Omega</math>6 (%)</b>	11,4	11,6
<b>Relación <math>\Omega</math> 3/<math>\Omega</math>6</b>	1,05	1,05
<b>Relación EPA/DHA</b>	0,05	0,06
<b>Proteína (%)</b>	56	55
<b>Extracto etéreo (%)</b>	27	56
<b>Energía (Cal/g)</b>	6206	6957

Sin embargo la prueba de F (Anexo I) no determinó diferencias estadísticas significativas para los ácidos grasos poli insaturados de las series omega ( $\Omega$ ) 3 y ( $\Omega$ ) 6 es decir del linolénico y linoleico al igual que para la relación ( $\Omega$ ) 3/( $\Omega$ ) 6 y EPA (Ácido graso eicosopentonoico/DHA (Ácido graso decosahexanoico) diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo D). También se aplicó la prueba T para dos muestras, suponiendo varianzas iguales (Anexo J), que determinó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) en los parámetros de extracto etéreo y energía en los distintos tratamientos experimentales.

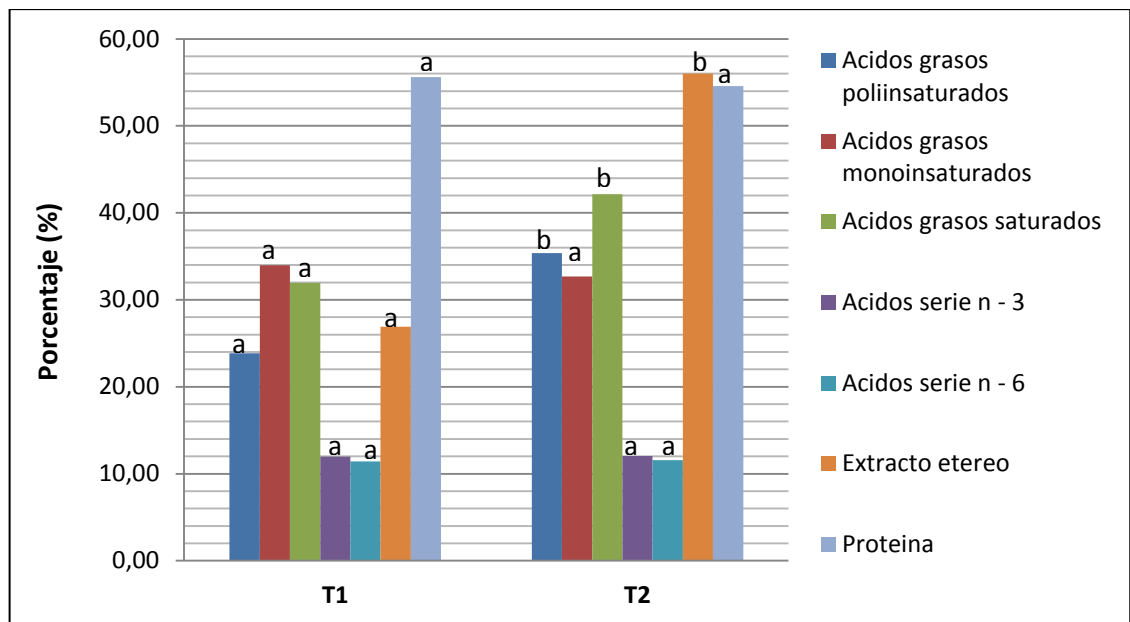
El porcentaje promedio de proteína del huevo no fue significativo estadísticamente con valores de 56% y 55% para los tratamientos 1 y 2 respectivamente (Figura 14). Estos datos son similares a los reportados por Gunasekera et al<sup>58</sup>, con valores de 55,53% de proteína en huevos provenientes de hembras alimentadas con el 40% de PB, además mencionan que los diferentes porcentajes de proteína

<sup>58</sup> GUNASEKERA, R; SHIM, KF y TJ, LAM. Op. cit., p. 169 – 183. –

proporcionados en la alimentación no influyen en el contenido proteico de los huevos, sugiriendo que una vez se alcanza el nivel óptimo de proteína de la dieta para la formación de los oocitos después de la vitelo génesis, las variaciones en el contenido de proteínas no afectan la calidad proteica de los huevos. De acuerdo con Metcoff<sup>59</sup> y Lopez – Macias<sup>60</sup>, las proteínas actúan como fuente de aminoácidos y para asegurar el éxito de las actividades anabólicas de remodelación y construcción de tejido, igualmente Fhyn<sup>61</sup> demostró que el éxito en el desarrollo embrionario de los peces depende del balance de aminoácidos presentes en el huevo.

El porcentaje de lípidos o extracto etéreo encontrado en los huevos, presentó diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ) con valores de 27% y 56% para los tratamientos 1 y 2 respectivamente (Figura 14).

**Figura 14. Composición química del huevo**



<sup>59</sup> METCOFF, J. Intracellular amino acid levels as predictors of protein synthesis. En: Journal of the American College of Nutrition. 1986, vol. 5, no. 2, p. 107 – 120.

<sup>60</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

<sup>61</sup> FYHN, H.J. First feeding of marine fish larvae - are free amino-acids the source of energy. En: Aquaculture. Agosto, 1989, vol. 80, p. 111 – 120.

El mejor porcentaje de lípidos encontrado en el T2, es superior al reportado por Gunasekera et al<sup>62</sup> con un valor de 36,51% al alimentar a reproductores con un 40% de proteína y a los datos reportados por Lu y Takeuchi<sup>63</sup> con un porcentaje de 33,1% de lípidos en huevos de reproductores alimentados con un balanceado comercial del 56%, los anteriores datos demuestran que “los niveles de energía y extracto etéreo, afectan positivamente las reservas energéticas del huevo”<sup>64</sup>.. Según Hemming y Buddington<sup>65</sup>, los lípidos son el segundo componente en base seca del huevo y se encuentran en el saco de vitelo y glóbulo de aceite y su variación ha sido atribuida a diferentes estrategias reproductivas, también explican que este componente es de origen maternal y cambia según la especie íctica y las condiciones de edad, peso y dieta de la hembra. Tocher y Sargent<sup>66</sup> comprobaron que los lípidos hacen parte de las membranas celulares y son reservas energéticas en el desarrollo embrionario de los peces y sus deficiencias producen desoves de menor cantidad, calidad y deficiencias en las larvas.

Igualmente los porcentajes de ácidos grasos registraron diferencias estadísticas significativas para el total de ácidos grasos poliinsaturados con valor promedio de 24% para el T1 y 35% para el T2. Los ácidos grasos saturados también presentaron diferencias con un porcentaje de 32 y 42 para los tratamientos 1 y 2 respectivamente (Figura 14).

El porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados y saturados es similar al calculado por Lu y Takeuchi<sup>67</sup> con valores promedio de 35,6% y 40,3% respectivamente, proporcionando dietas de *Spirulina sp*, demostrando que los ácidos grasos contenidos en la dieta son incorporados selectivamente al citoplasma de los óvulos y que esta cantidad satisface las necesidades nutricionales y de crecimiento del embrión, además de ser la principal fuente de energía durante el desarrollo embrionario temprano<sup>68</sup>.

---

<sup>62</sup> GUNASEKERA, R; SHIM, KF y TJ, LAM. Op. cit., p. 169 – 183

<sup>63</sup> LU, J y TAKEUCHI, T. Op., cit. p.625 – 640

<sup>64</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

<sup>65</sup> HEMING, T.A y BUDDINGTON R.K. Op., cit. p. 407 – 446

<sup>66</sup> TOCHER, D.R. y SARGENT, J.R. Analysis of lipids and fatty acids in ripe roes of some northwest European marine fish. En: Natural Environment Research Council. Julio, 1984, vol.19, no. 7, p. 492-499.

<sup>67</sup> LU, J y TAKEUCHI, T. Op., cit. p.625 – 640

<sup>68</sup> FALK-PETERSEN, S; SARGENT, J.R; FOX, C. Lipids in Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. eggs from planktonic samples in Northern Norway. 1989, vol, 101, p. 553–556.

De acuerdo con García<sup>69</sup> los ácidos grasos como componentes indispensables de los fosfolípidos de las membranas celulares son fundamentales para el crecimiento y el desarrollo embrionario hasta la primera alimentación. En consecuencia cualquier deficiencia en el contenido en ácidos grasos del huevo tendrá repercusiones negativas en estas etapas fisiológicas. López - Macías<sup>70</sup>, explican que los ácidos grasos de la serie  $\Omega 3$  y  $\Omega 6$  son importantes para el crecimiento normal de los peces en sus diferentes etapas de desarrollo y evitar deformidades larvales, entre estas el ácido linolénico en bajas proporciones, es suficiente para asegurar un buen desarrollo embrionario y tiene influencia en la supervivencia larvaria. Los ácidos grasos saturados y mono insaturados son cuantitativamente más importantes en el suministro de energía metabólica para el desarrollo del huevo. Kanazawa<sup>71</sup> sostiene, que el ácido docosaheptaenoico (DHA) y el Ácido eicosapentaenoico (EPA) son indispensables para la formación del tejido nervioso y la retina del embrión.

## 6.5 SOBREVIVENCIA

**6.5.1 Fase de fertilización.** La prueba F para varianzas de dos muestras determinó que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo K), por lo tanto se aplicó la prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales (Anexo L), presentando diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

El porcentaje de fertilización efectiva obtenida en el tratamiento 2 del 99% (Figura 15), es superior al reportado por Lu y Takeuchi<sup>72</sup>, quienes reportaron un valor del 94,2% en reproducción de tilapia nilotica, suministrando dietas de *Spirulina sp.*, Izquierdo et al<sup>73</sup>, comprobaron que la composición de la dieta principalmente el

---

<sup>69</sup> GARCÍA, Alicia. influencia de la alimentación de los reproductores en la calidad de la puesta y el cultivo larvario de la dorada (*Sparus aurata*). Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia. Departamento de fisiología y farmacología. 1998, 143 p.

<sup>70</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

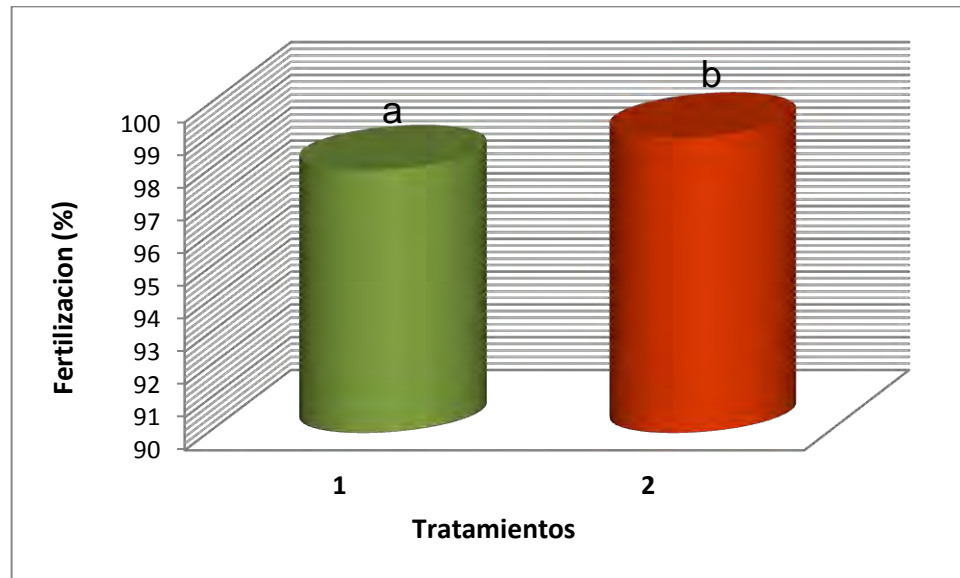
<sup>71</sup> KANAZAWA, A. Nutritional mechanisms involved in the occurrence of abnormal pigmentation in hatchery-reared flatfish. En Journal of the World Aquaculture Society. Junio.1993, vol. 24, no. 2, p. 162-166.

<sup>72</sup> LU, J y TAKEUCHI, T. Op., cit. p.625 – 640.

<sup>73</sup> IZQUIERDO, MS; FERNÁNDEZ, H y TACON, AGJ. Op. cit., p. 25-42.

porcentaje de proteína y ácidos grasos, tiene efectos significativos en la fertilización, cantidad y frecuencia de desoves.

**Figura 15. Porcentaje de sobrevivencia en fase de fertilización.**



Gunasekera et al<sup>74</sup> determinaron los mejores porcentajes de fertilización (83,83%) con el 35% de proteína bruta en *Oreochromis niloticus*, en comparación con el 20% en la dieta, observando que las hembras alimentadas con bajos niveles de proteína continuaban produciendo huevos, pero estos inviábiles. Según Bobbe y Labbé<sup>75</sup>, la calidad del huevo es concordante con la capacidad del óvulo para ser fertilizado y para desarrollar posteriormente un embrión normal, del mismo modo, la calidad del esperma es la capacidad del gameto masculino para fertilizar con éxito un huevo y desarrollar un embrión. Por otra parte, Azuma et al<sup>76</sup> comenta que el porcentaje de fertilización, es considerado en la mayoría de las evaluaciones de calidad como uno de los criterios primarios para inferir y extrapolar los posibles resultados que se registraron en las fases subsiguientes

<sup>74</sup> GUNASEKERA, M; SHIM, K.F y LAM, T.J. Op., cit. p. 245 – 259

<sup>75</sup> BOBBE, Julien y LABBÉ, Catherine. Egg and sperm quality in fish. En: General and Comparative Endocrinology. Febrero, 2010, vol. 165, no. 3, p. 1 – 14.

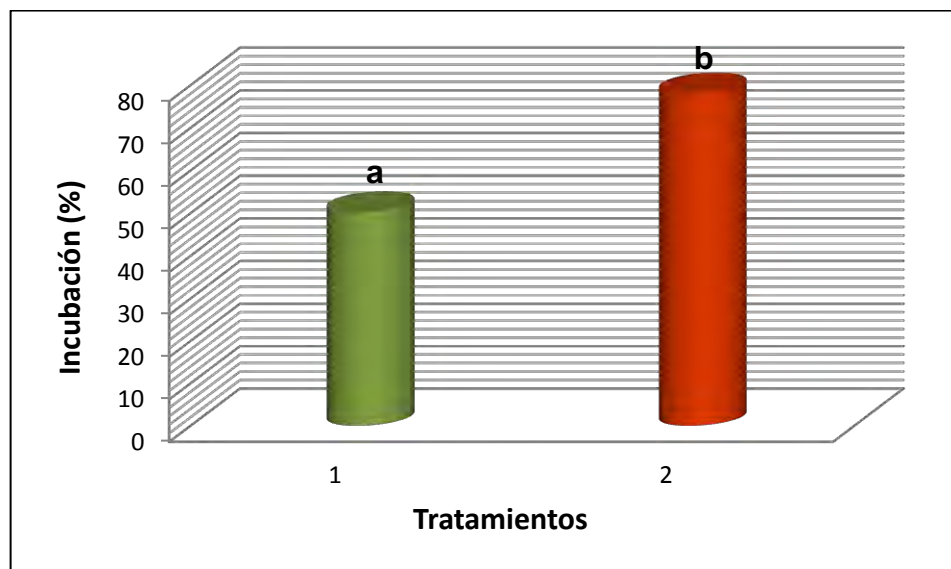
<sup>76</sup> AZUMA, T; OHTA, H; ODA, S; MUTO, K; YADA, T y UNUMA, T. Changes in fertility of rainbow trout eggs retained on coelom. En: *Fisheries Science*. Febrero, 2003, vol. 69, no. 1, p. 131–136.



**6.5.2 Fase de Incubación.** La prueba F para varianzas de dos muestras indicó que existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo K), por lo tanto se aplicó la prueba T para dos muestras asumiendo varianzas desiguales (Anexo M), la cual confirmó diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) para esta variable en los dos tratamientos evaluados.

Gunasekera et al<sup>77</sup> calculó valores promedio de incubación del 69,69% alimentando reproductores de tilapia nilotica con dietas del 35% de proteína, siendo este valor inferior al obtenido en este estudio que fue del 78% (Figura 16), demostrando que el proceso de incubación depende de la cantidad de nutrientes energéticos y proteicos de la dieta. Resultados similares han sido reportados por Cerdá et al<sup>78</sup> para la Lubina, explicando que las hembras alimentadas con dietas de bajo contenido de proteína presentaban una reducción en la incubación en comparación con las alimentadas con dietas de mayor contenido proteico. Según, Kato y Kamler<sup>79</sup> huevos con diámetro y volumen reducido registran bajas tasas de incubación.

**Figura 16. Porcentaje de sobrevivencia durante la fase de incubación.**



<sup>77</sup> GUNASEKERA, M; SHIM, K.F y LAM, T.J. Op., cit. p. 245 – 259.

<sup>78</sup> CERDÁ, J; CARRILLO, M; ZANUY, S; RAMOS, J y HIGUERA, M. Influence of nutritional composition of diets on sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., reproductive performance and egg and larval quality. En: *Aquaculture*. Diciembre, 1994, vol. 128, no. 4, p. 345-361.

<sup>79</sup> KATO, T y KAMLER, E. Criteria for evaluation of fish egg quality, as exemplified for *Salmo gairdneri* (Rich.). En: *Aquaculture*. 1983, vol. 4, p. 61–78.

Hajizadeh et al<sup>80</sup>, al alimentar tilapia nilotica con dietas del 40,8% de proteína bruta demostraron porcentajes de sobrevivencia durante la fase de incubación del 61,4%, igualmente Fattah et al<sup>81</sup> reportaron datos similares a los obtenidos en este estudio, con un valor del 77% alimentando a reproductores de la misma especie íctica con 40% de proteína, indicando que el incremento en la sobrevivencia en la incubación depende del porcentaje de nutrientes presente en la dieta el cual está relacionado directamente con el contenido de proteína presente en el huevo.

**6.5.3 Fase de reabsorción de saco vitelino.** La prueba F para varianzas de dos muestras indicó que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo K), por lo tanto se aplicó la prueba de t para dos muestras asumiendo varianzas iguales (Anexo N), la cual presentó que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

En la reabsorción del saco vitelino, la mejor sobrevivencia se obtuvo en el T2 con un valor del 95% (Figura 17), superior al registrado por Gunasekera et al<sup>82</sup> con porcentaje del 60% suministrando dieta del 35% de proteína, los anteriores datos confirman lo estudiado por Hemming y Buddington<sup>83</sup> y Lopez - Macias<sup>84</sup>, que el porcentaje de proteína, influye en la calidad y el rendimiento de las larvas, debido a que estas son exclusivamente dependientes de los nutrientes suministrados por el saco vitelino hasta el inicio de la alimentación exógena; además, es determinante en el desarrollo inicial, crecimiento y supervivencia de las larvas.

---

<sup>80</sup> HAJIZADEH, A; JAUNCEY, K. y RANA, K. Op. cit., p. 965 – 978

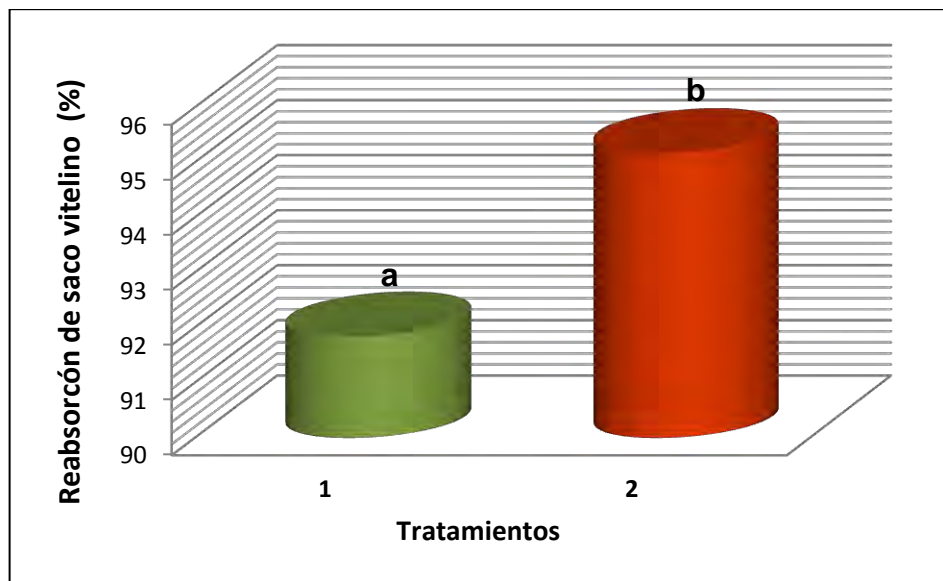
<sup>81</sup> FATTAH, A; EL SAYED y KAWANNA, M. Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. En: Aquaculture. Agosto, 2008, vol. 280, no. 4, p. 179 – 184.

<sup>82</sup> GUNASEKERA, M; SHIM, K.F y LAM, T.J. Op., cit. p. 245 – 259.

<sup>83</sup> HEMING, T.A y BUDDINGTON R.K. Op., cit. p. 407 – 446

<sup>84</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

**Figura 17. Porcentaje de sobrevivencia en fase de reabsorción del saco vitelino.**



Lu y Takeuchi<sup>85</sup>, registraron valores promedio de sobrevivencia similares a los obtenidos en esta investigación con un valor del 95,4%, usando como alimento para reproductores *Spirulina sp* con un contenido de proteína del 73,1%, los resultados anteriores demuestran que las dietas con porcentajes altos de proteína afectan positivamente la madurez sexual, calidad del huevo, fertilidad, fase de eclosión, la calidad del saco vitelino y de las larvas. García<sup>86</sup> comprobó que la alimentación de los reproductores es importante para determinar la naturaleza de las reservas que se movilizan y reabsorben durante la vitelogénesis, además la dieta influye en la composición del vitelo y la gota de aceite, donde se acumulan las reservas energéticas de las larvas.

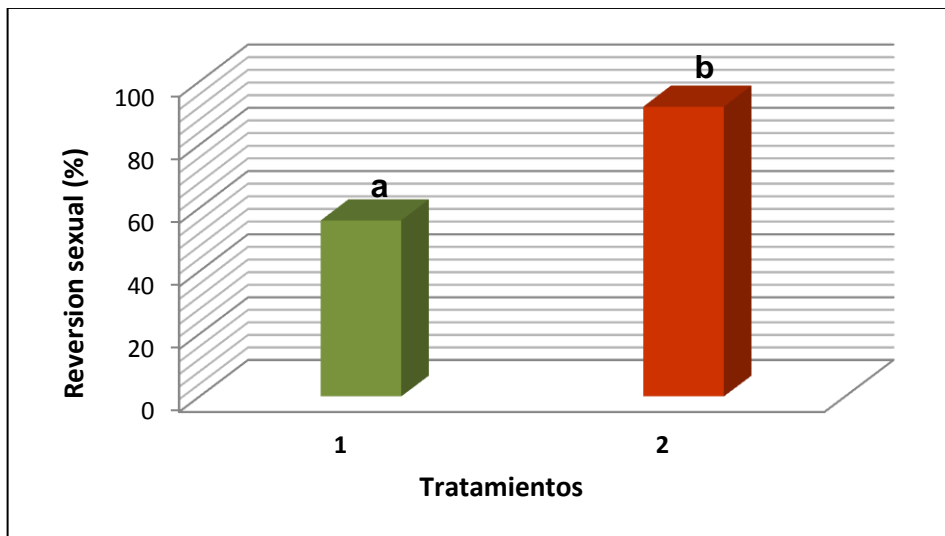
**6.5.4 Inducción al sexo.** La prueba F para varianzas de dos muestras demostró que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos (Anexo K), por lo tanto se aplicó la prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales (Anexo Ñ), la cual detectó que existen diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos.

<sup>85</sup> LU, J y TAKEUCHI, T. Op., cit. p.625 – 640.

<sup>86</sup> GARCÍA, Alicia. Op., cit. 143 p.

El resultado obtenido en el tratamiento 2 (Figura 18), es superior al porcentaje de sobrevivencia de 89% en el estudio de Hafedh et al<sup>87</sup> suministrando a alevinos de tilapia nilotica dietas con 45% de proteína. Gunasekera et al<sup>88</sup> establecieron sobrevivencias del 91,2% al finalizar la fase de reversión sexual en el lote proveniente de reproductores alimentados con dieta de 40% de proteína y Tahoun et al<sup>89</sup>, registraron sobrevivencias del 93% con dietas de 40%de proteína. Los anteriores datos demuestran, “el efecto positivo del porcentaje de proteína en la calidad del huevo, lo cual se refleja en larvas más robustas y capaces de aprovechar más eficientemente la primera alimentación exógena, representada por balanceado comercial”<sup>90</sup>.

**Figura 18. Porcentaje de sobrevivencia durante la fase de reversión sexual.**



<sup>87</sup> HAFEDH, Y; SIDDIQUI, A y SAIADY, A. Effects of dietary protein levels on gonad maturation, size and age at first maturity, fecundity and growth of Nile tilapia. En: Aquaculture International, 1999, vol. 7, no. 5, p. 319 – 332

<sup>88</sup> GUNASEKERA, R; SHIM, KF y TJ, LAM. Op. cit., p. 169 – 183

<sup>89</sup> TAHOUN, A; IBRAHIM, M; HAMMOUDA, Y; EID, M; ZAKI, E y MAGOUZ, F. Broodstock age, stocking density and fecundity of nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) in hapa based hatchery system. En: 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture 2008. 329 – 343 p.

<sup>90</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

## 6.6 PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA

La prueba T para los parámetros de calidad del agua en las fases de reproducción, incubación y reversión sexual, no presentó diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ), entre los tratamientos evaluados indicando que no fueron fuente de variación en los resultados obtenidos en la investigación (Tabla 2). “Igualmente las condiciones fisicoquímicas se mantuvieron dentro de los parámetros normales para las fases de reproducción, incubación e inducción al sexo”<sup>91</sup>.

**Tabla 2. Parámetros físicos y químicos promedio por tratamiento**

	Fase de Reproducción		Fase de incubación		Fase de inducción al sexo	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
<b>Temperatura (°C)</b>	29,53	29,55	29,01	29,09	28,68	28,65
<b>Oxigeno (mg/L)</b>	7,03	6,88	5,95	5,78	6,26	6,19
<b>pH</b>	7,44	7,46	6,85	6,96	6,7	6,71
<b>Dioxido de carbono (mg/L)</b>			16,39	16,91		
<b>Dureza (mg/L)</b>			333,47	336,87		
<b>Alcalinidad (mg/L)</b>			47,83	52,13		
<b>Nitritos (mg/L)</b>			0,066	0,068		
<b>Nitratos (mg/L)</b>			0,723	0,905		
<b>Amonio (mg/L)</b>			0,06	0,064		

<sup>91</sup> LÓPEZ – MACÍAS, J. Op. cit., p. 335

## 6.7 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

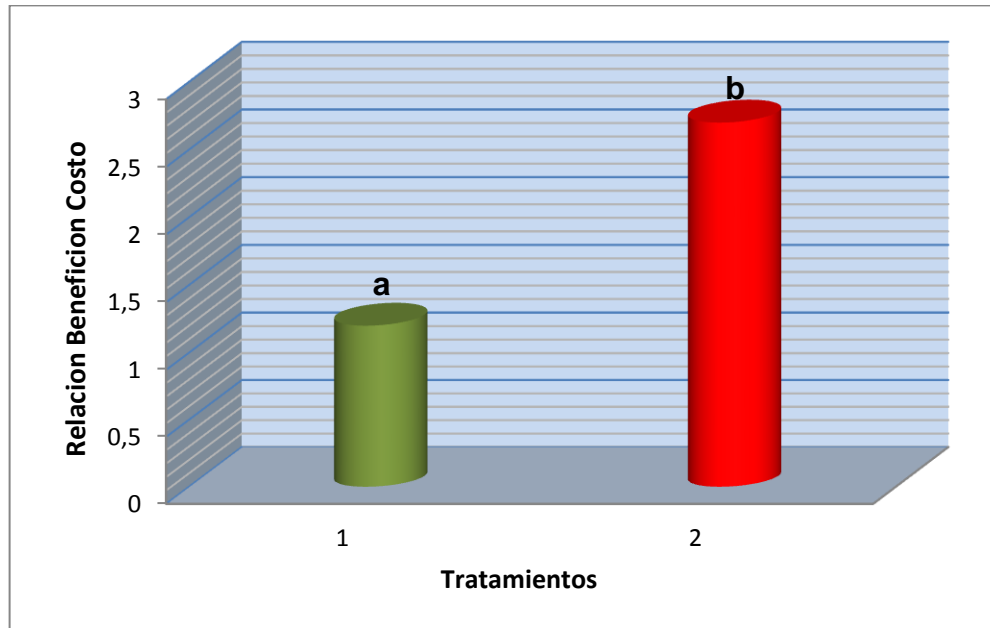
Para la determinación de la relación beneficio costo, se tuvo en cuenta los costos de: alimento balanceado, insumos (sal marina), mano de obra, costo de energía, para cada uno de los tratamientos. Los porcentajes del costo de producción para alevinos de Tilapia roja mediante la implementación de sistemas de alimentación de Reproductores con alimento comercial del 38% (PB), no son elevados, lo que se convierte en una buena alternativa para los productores de esta especie (Tabla 3).

**Tabla 3. Costos de producción del ensayo.**

Rubros	Cantidad	Valor unit (\$)	Valor total (\$)	%
Alimento con Proteína Bruta al 38% (Kg)	84	1.800,00	151.200,00	5,5
Alimento con Proteína Bruta al 30% (Kg)	84	1.500,00	126.000,00	4,6
Harina con Hormona para inducción sexual (Kg)	14	4.500,00	63.000,00	2,3
Sal marina (Kg)	40	300,00	12.000,00	0,4
Mano de Obra (8 horas día)	72	30.000,00	2.160.000,00	78,5
Energía			240.000,00	8,7
<b>TOTAL</b>			<b>2.752.200,00</b>	<b>100,0</b>

La mejor relación beneficio costo fue registrada por el tratamientos T2 y con un valor de 2,6 (Figura 19). Esto se explica porque este tratamientos fue el que reporto mayor sobrevivencia en todas las fases por lo cual se refleja el resultado en mayor producción. Por lo tanto el ingreso por unidad de alevín de Tilapia vendido es mayor (Tabla 4).

**Figura 19. Relación beneficio costo.**



**Tabla 4. Resumen calculo beneficio costo por tratamiento.**

Trat.	Costo total (\$)	No Animales	Precio venta (\$)	Costo Unit Alevin(\$)	Ingreso Bruto (\$)	Ingreso Neto(\$)	Beneficio - Costo
1	390.000	7.573	60	51	454.406	64.406	1,2
2	442.200	20.247	60	22	1.214.825	772.625	2,7

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- No se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos en la variable huevos por gramo de peso, por lo tanto se concluye que el incremento de la proteína en la alimentación de Tilapia no incrementa el número de huevos pero si la calidad del huevo.
- El mejor tratamiento desde el punto de vista estadístico en relación a peso promedio, diámetro promedio, volumen y densidad de los huevos fue el T2 con 38% de proteína bruta.
- La prueba de t registró diferencias estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ), según el contenido de ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos saturados y extracto etéreo, presentes en mayor cantidad en el T2.
- Las mejores tasas de sobrevivencias para etapas fisiológicas de fertilización, incubación, reabsorción de saco vitelino y reversión sexual se presentaron en el T2 con valores promedio de 99%, 78%, 95% y 95% respectivamente.
- Las diferencias estadísticas del T2 con respecto al T1 demuestran que los mejores porcentajes de proteína y energía influyen positivamente en la calidad del huevo y por ende de las larvas.
- La calidad de la proteína de la dieta de los reproductores mejora los porcentajes de sobrevivencia en las diferentes etapas fisiológicas evaluadas comprendidas desde la fertilización del óvulo hasta la aceptación por primera vez del alimento exógeno por parte de las larvas.
- El incremento de proteína en la dieta mejora el contenido de grasa del huevo representado en ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos monoinsaturados, ácidos grasos saturados y ácidos grasos insaturados de la serie linoleico y linoleico, lo que se refleja en mayor nivel de reservas energéticas y de ácidos grasos indispensables.



## **7.2 RECOMENDACIONES.**

- Evaluar diferentes porcentajes de proteína y energía que aseguren las mejores variables productivas de la tilapia roja en términos de beneficio – costo.
- Implementar los resultados de este estudio en explotaciones intensivas y súper intensivas de Tilapia en diferentes regiones del país.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

ALAMILLA, Hugo. Cultivo de Tilapia. Buenos Aires, Argentina. Disponible en internet: <URL: <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tilapia/tilapia.htm#3>>. American College of Nutrition. 1986, vol. 5, no. 2, p. 107 – 120.

AZUMA, T; OHTA, H; ODA, S; MUTO, K; YADA, T y UNUMA, T. Changes in fertility of rainbow trout eggs retained on coelom. En: *Fisheries Science*. Febrero, 2003, vol. 69, no. 1, p. 131–136.

BETANCOU, L; DÍAZ, G; AGUILAR, X y RÍOS, J. Effect of ensiled trout (*Oncorhynchus mykiss*) intestines on productive traits of broiler chickens and the content of omega-3 fatty acids in liver, thighs and breast. En: *Livestock Research for Rural*. 2005, vol. 17, no. 9

BOBBE, J y LABBÉ, C. Egg and sperm quality in fish. En: *General and Comparative Endocrinology*. Febrero, 2010, vol. 165, no. 3, p. 1 – 14.

BONNET, E; FOSTIER, A y BOBE, J. Characterization of rainbow trout egg quality: A case study using four different breeding protocols, with emphasis on the incidence of embryonic malformations. En: *Theriogenology*. Marzo, 2007, vol. 67. No. 4, p. 786–794.

BORJA F. GONZALES L. QUINTERO V. Diseño modelo de estanques climatizados para el cultivo de tilapia roja, *Oreochromis sp*, localizados en la zona fría del Valle del Cauca, Colombia. Trabajo de grado. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 2003. p. 2. Disponible en Internet: <URL: <http://www.bibliociencias.cu/gsd/collect/revistas/index/assoc/HASHb7e1.dir/doc.pdf>>

BROMAGE, N; JONES, J; BANDALL, C. Broodstock management, fecundity, egg quality and the timing of egg production in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). En: *Aquaculture*. Enero, 1992, vol. 100. p. 141 – 166.

CAMPBELL, P; POTTINGER, T; SUMPTER, J Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. En: *Biology of Reproduction*, Mayo, 1992, vol.

47, p. 1140 – 1150. Disponible en Internet: <  
<http://www.biolreprod.org/content/47/6/1140.full.pdf+html>>

CAMPOS, A; MCANDREW, B; COWARD, K y N BROMAGE, Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. En: Aquaculture. Marzo, 2004, vol. 231. p. 299 – 314.

CERDÁ, J; CARRILLO, M; ZANUY, S; RAMOS, J y HIGUERA, M. Influence of nutritional composition of diets on sea bass, *Dicentrarchus labrax* L., reproductive performance and egg and larval quality. En: Aquaculture. Diciembre, 1994, vol. 128, no. 4, p. 345-361.

CORPORACIÓN COLOMBIANA INTERNACIONAL. Pesca y Acuicultura. Bogotá, Colombia 2009. p. 104.

COWARD, K y BROMAGE, NR,. Spawning frequency, fecundity, egg size and ovarian histology in groups of *Tilapia zillii* maintained upon two distinct food ration sizes from first-feeding to sexual maturity. En: Aquatic Living Resources, Febrero, 1999, vol. 12, no. 1, p. 11 – 22.

CRAIK, JC y HARVEY, SM. Egg quality in rainbow trout: the relation between egg viability, selected aspects of egg composition, and time of stripping. En: Aquaculture, Julio, 1984, vol. 40, no. 2, p. 115–134.

EL-SAYED, A y KAWANNA, M. Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. En: Aquaculture. Agosto, 2008, vol. 280. p.179 – 184..

FALK-PETERSEN, S; SARGENT, J.R; FOX, C. Lipids in Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. eggs from planktonic samples in Northern Norway. 1989, vol, 101, p. 553–556

FAO. Estado Mundial de la pesca y acuicultura. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. Roma. 2012. p. 41. Disponible en Internet: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf>.

FATTAH, A; EL SAYED y KAWANNA, M. Effects of dietary protein and energy levels on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock in a recycling system. En: Aquaculture. Agosto, 2008, vol. 280, no. 4, p. 179 – 184.

FOLCH J, Lees M y GHS Stanley. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. En: Journal of Biological Chemistry. Mayo, 1957, vol. 226, p. 497 – 509

FYHN, H.J. First feeding of marine fish larvae - are free amino-acids the source of energy. En: Aquaculture. Agosto, 1989, vol. 80, p. 111 – 120.

GARCÍA, Alicia. Influencia de la alimentación de los reproductores en la calidad de la puesta y el cultivo larvario de la dorada (*Sparus aurata* ). Tesis doctoral. Murcia: Universidad de Murcia. Departamento de fisiología y farmacología. 1998, 143 p.

GUNASEKERA, M; SHIM, K. y LAM, T.. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. En: Aquaculture. Octubre, 1996, vol. 146, no.2, p. 121 – 134.

----- Influence of protein content of broodstock diets on larval quality and performance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Aquaculture. Noviembre, 1996, vol. 146 no. 4, p. 245 – 259.

-----, ----- . Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Aquaculture. Julio. 1995, vol. 134, p. 169 – 183. - .

HEMING, T.A y BUDDINGTON R.K. Yolk absorption in embryonic and larval fishes. En: Hoar, W.S. & D.J. Randall (Eds.). Fish Physiology. 1988, vol. 11, p. 407 – 446.

IZQUIERDO, M; FERNÁNDEZ, H y TACON, A. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. En: Aquaculture. Enero, 2001, vol.197, p. 25-42.

JOHANNING K y SPECKER, J, 1995. Characterization of yolk proteins during oocyte development of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. En: Comparative Biochemistry and Physiology. Octubre, 1995, vol. 112, p. 177 – 189.

KANAZAWA, A. Nutritional mechanisms involved in the occurrence of abnormal pigmentation in hatchery-reared flatfish. En Journal of the World Aquaculture Society. Junio.1993, vol. 24, no. 2, p. 162-166.

KATO, T y KAMLER, E. Criteria for evaluation of fish egg quality, as exemplified for *Salmo gairdneri*. En: Aquaculture. 1988, vol. 4, p. 61–78.

KJORSVIK, E; HOEHNE, K y REITAN, K. Egg and larval quality criteria as predictive measures for juvenile production in turbot (*Scophthalmus maximus L.*). en: Aquaculture. Noviembre, 2003, vol. 227, p. 9 – 20.

KJORSVIK, E; MANGORJENSEN, A; HOLMEFJORD, I. Egg quality in fish. En: Advances in marine biology. Vol. 26. p. 71 – 113.

KNOX, D; BROMAGE, NR; COWEY, CB y SPRINGATE, JR. The effect of broodstock ration size on the composition of rainbow trout eggs (*Salmo gairdneri*). En: Aquaculture. Mayo, 1988, vol. 69, p. 93–104.

LAHNSTEINER, F; WEISMANN, T y PATZNER, RA. Physiological and biochemical parameters for egg quality determination in lake trout, *Salmo trutta lacustris*. En: Fish Physiology and Biochemistry. Mayo, 1999, vol. 20, no. 4, p. 375–388.

LÓPEZ – MACÍAS, J. Nutrición y alimentación piscícola. En: centro de publicaciones. Universidad de Nariño. 2003, p. 335.

LU, J y TAKEUCHI, T. Spawning and egg quality of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw Spirulina throughout three generations. En: Aquaculture. Mayo, 2004, vol. 234, p. 625 – 640.

MORENO, A; RODRÍGUEZ, A; BARRIGA, I; ARREDONDE, J. Producción de tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) masculinizada con la hormona

fluoximesterona en sistemas cerrados de recirculación. En: CIVA. II Congreso Virtual de Acuicultura. 2003, p. 77-88

PRIETO C y OLIVERA, M. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja *Oreochromis sp.* En Revista colombiana de ciencias pecuarias. Enero, 2002, Vol. 15, no.1. p. 43.

QUINTERO, L y WILLS, A. Reflexiones sobre la acuicultura en Colombia. En: Alzate H y LG Parra (Eds). Medicina Veterinaria y Zootecnia en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2002, Bogotá., p. 501.

SANTIAGO, C, MACHO, A y LARON, M. Growth and reproductive performance of big head carp (*Aristichthys nobilis*) reared with or without feeding in floating cages. En: Aquaculture. Agosto, 1991, vol. 96, no. 2, p. 109 – 117.

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, PESCA Y ALIMENTOS (SAGPyA), Acerca del cultivo de tilapia nilótica y tilapia roja. Disponible en Internet:<URL:[http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01Especies/\\_archivos/000008Tilapia/071201\\_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf](http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01Especies/_archivos/000008Tilapia/071201_Acerca%20del%20Cultivo%20de%20Tilapia%20Roja%20o%20Del%20Nilo.pdf)>

SOLARTE, Ana. Evaluación de diferentes densidades de incubación de huevos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) mediante un sistema de incubación artificial en la estación piscícola Alto Magdalena, Gigante Huila, Colombia. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2008. P 144.

TOCHER, D.R. y SARGENT, J.R. Analysis of lipids and fatty acids in ripe roes of some northwest European marine fish. En: Natural Environment Research Council. Julio, 1984, vol.19, no. 7, p. 492-499.

TSADIK, G y BART, A. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Aquaculture. Noviembre, 2007, vol. 272, p. 380 – 388.

TSADIK, G, Effects of Maternal Age on Fecundity, Spawning Interval, and Egg Quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). En: Journal of the World Aquaculture Society. Octubre, 2008, vol. 39, no. 5, p. 671 – 677.

WOYNAROVICH, E. Y HORVATH, L. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Brasil. Junio, 1981. Disponible en internet: URL: <http://www.fao.org/docrep/005/ac908s/AC908S05.htm#Fig27>

# **ANEXOS**



**Anexo A. Prueba F para varianzas de dos muestras para número, peso y diámetro promedio de huevos.**

	Numero		Peso		Diámetro		No huevos/ g peso	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	563	567	7,50	9,17	2,17	2,19	2,37	2,41
Varianza	13210,1921	17110,0773	1,1919	10,2329	0,1628	0,2684	0,7340	0,7382
Observaciones	60	60	60	60	6000	6000	60	60
Grados de libertad	59	59	59	59	5999	5999	59	59
F	0,77207086		0,11647197		0,60641926		0,9942	
P(F<=f) una cola	0,161599164		1,5987E-14 *		0 *		0,4911	
Valor crítico para F (una cola)	0,649368947		0,64936895		0,95841266		0,6993	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo B. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales para número promedio de huevos.**

	Peso medio huevos (mg)		No huevos/g peso	
	T1	T2	T1	T2
Media	563	567	2,37	2,41
Varianza	13210,19	17110,08	0,73401	0,73828
Desviación estándar	114,94	130,81	0,8567	0,8592
Observaciones	60	60	60	60
Grados de libertad	118,000		118	
Estadístico t	-0,163		-0,2562	
P(T<=t) una cola	0,435		0,3991	
Valor crítico de t (una cola)	1,658		1,657	
P(T<=t) dos colas	0,871		0,798	
Valor crítico de t (dos colas)	1,980		1,980	

**Anexo C. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales para peso promedio de huevos.**

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	7,50	9,17
Varianza	1,19	1,23
Desviación estándar	1,09	3,20
Observaciones	60	60
Grados de libertad	73	
Estadístico t	-3,819	
P(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,666	
P(T<=t) dos colas	0,0003 *	
Valor crítico de t (dos colas)	1,993	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo D. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales para diámetro promedio de huevos.**

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	2,17	2,19
Varianza	0,16	0,27
Desviación estándar	0,40	0,52
Observaciones	6000	6000
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	11319	
Estadístico t	-2,3004	
P(T<=t) una cola	0,0107	
Valor crítico de t (una cola)	1,6450	
P(T<=t) dos colas	0,0214 *	
Valor crítico de t (dos colas)	1,9602	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo E. Prueba F para varianzas de dos muestras para volumen y densidad de huevos.**

	Volumen		Densidad	
	T1	T2	T1	T2
Media	5,20	5,63	1,63	3,93
Varianza	1,27	1,13	0,32	1,39
Observaciones	60	60	60	60
Grados de libertad	59	59	59	59
F	1,12333		0,22745	
P(F<=f) una cola	0,32829		2,76884E-08	*
Valor crítico para F (una cola)	1,53996		0,64937	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo F. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales y desiguales para volumen y densidad de huevos**

	Volumen		Densidad	
	T1	T2	T1	T2
Media	5,20	5,63	1,63	3,93
Varianza	1,27	1,13	0,32	1,39
Desviación estándar	1,13	1,06	0,56	1,18
Observaciones	60	60	60	60
Grados de libertad	118		85	
Estadístico t	-2,1647		-13,6178	
P(T<=t) una cola	0,0162		0,0000	
Valor crítico de t (una cola)	1,6579		1,6630	
P(T<=t) dos colas	0,0324 *		4,495E-23 *	
Valor crítico de t (dos colas)	1,9803		1,9883	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

### Anexo G. Prueba F para varianzas de dos muestras

	Ácidos grasos poliinsaturados		Ácidos grasos monoinsaturados		Ácidos grasos saturados		Ácidos de la serie n - 3		Ácidos de la serie n - 6	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	0,2387	0,3536	0,3399	0,3268	0,3197	0,4214	0,1199	0,4088	0,1143	0,5348
Varianza	0,0005	0,0026	3,7E-33	0,0012	0,0064	0,0005	3,85E-05	0,1837	5,92E-05	0,1890
Observaciones	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Grados de libertad	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	0,1868		3,21E-30		13,2524		0,00021		0,00031	
P(F<=f) una cola	0,0447 *		0 *		0,0066 *		3,44E-09 *		9,41E-09 *	
Valor crítico para F (una cola)	0,1980		0,1980		5,0503		0,1980		0,1980	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

## Anexo H. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas desiguales

	Ácido graso poliinsaturado		Ácido graso mono insaturado		Ácido graso saturado		Ácidos de la serie n - 3		Ácidos de la serie n - 6	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	0,239	0,354	0,340	0,327	0,320	0,421	0,120	0,121	0,114	0,116
Varianza	0,000	0,003	4E-33	0,001	0,006	0,000	4E-05	0,001	6E-05	0,001
Desviación estándar	0,022	0,051	6E-17	0,034	0,080	0,022	0,006	0,028	0,008	0,025
Grados de libertad	7,000		5		6		5		5	
P(T<=t) una cola	0,001		0,193		0,012		0,080		0,032	
Valor crítico de t (una cola)	1,895		2,015		1,943		2,015		2,015	
P(T<=t) dos colas	0,001 *		0,386		0,024 *		0,160		0,064	
Valor crítico de t (dos colas)	2,365		2,571		2,447		2,571		2,571	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa



### Anexo I. Prueba F para varianzas de dos muestras

	Relación n - 3/n- 6		Relación EPA/DHA		Proteína		Extracto etéreo		Energía	
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	1,0527	1,0519	0,0517	0,0600	0,5562	0,5458	0,2689	0,5600	6206	6957
Varianza	0,0073	0,0290	0,0002	0,0005	0,0006	0,0018	0,0034	0,0016	415452	151592
Observaciones	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Grados de libertad	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	0,2529		0,3681		0,3203		2,0826		2,7406	
P(F<=f) una cola	0,0788		0,1484		0,1185		0,2199		0,1464	
Valor crítico para F (una cola)	0,1980		0,1980		0,1980		5,0503		5,0503	

## Anexo J. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	Relación n - 3/n- 6		Relación EPA/DHA		Proteína		Extracto etéreo		Energía (Kal/g)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	1,05	1,05	0,05	0,06	0,56	0,55	0,27	0,56	6206	6957
Varianza	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	415452	151592
Desviación estándar	0,09	0,17	0,01	0,02	0,02	0,04	0,06	0,04	644,6	389,3
Observaciones	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Grados de libertad	10		10		10		10		10	
P(T<=t) una cola	0,50		0,22		0,31		8E-07		0,017	
Valor crítico de t (una cola)	1,81		1,81		1,81		1,81		1,812	
P(T<=t) dos colas	0,99		0,44		0,61		2E-06 *		0,035	
Valor crítico de t (dos colas)	2,23		2,23		2,23		2,23		2,228	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

### Anexo K. Prueba F para varianzas de dos muestras

	Fertilización		Incubación		Reabsorción		Reversión sexual	
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	0,98	0,99	0,50	0,78	0,92	0,95	0,56	0,92
Varianza	8E-05	4E-05	0,0140	0,0027	0,0002	0,0006	0,0102	0,0066
Observaciones	6	6	6	6	6	6	6	6
Grados de libertad	5	5	5	5	5	5	5	5
F	2		5,1532		0,3063		1,5488	
P(F<=f) una cola	0,23251		0,0481 *		0,1100		0,3214	
Valor crítico para F (una cola)	5,0503		5,0503		0,1980		5,0503	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo L. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para la fase de fertilización**

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	0,98	0,99
Varianza	8E-05	4E-05
Desviación estándar	0,0089	0,0063
Observaciones	6	6
Estadístico t	-2,2361	
P(T<=t) una cola	0,0247	
Valor crítico de t (una cola)	1,8125	
P(T<=t) dos colas	0,0493 *	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2281	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo M. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales para la fase de incubación.**

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	0,50	0,78
Varianza	0,01402	0,00272
Desviación estándar	0,11839	0,05215
Observaciones	6	6
Estadístico t	-5,2699	
P(T<=t) una cola	0,0006	
Valor crítico de t (una cola)	1,8946	
P(T<=t) dos colas	0,00116 *	
Valor crítico de t (dos colas)	2,36462	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo N. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para la fase de reabsorción.**

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	0,92	0,95
Varianza	0,00018	0,00058
Desviación estándar	0,01329	0,02401
Observaciones	6	6
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-2,97482	
P(T<=t) una cola	0,00697	
Valor crítico de t (una cola)	1,81246	
P(T<=t) dos colas	0,01393 *	
Valor crítico de t (dos colas)	2,22814	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo Ñ. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales durante la inducción al sexo.**

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	0,92	0,95
Varianza	0,00018	0,00058
Desviación estándar	0,01329	0,02401
Observaciones	6	6
Grados de libertad	10	
Estadístico t	-2,97482	
P(T<=t) una cola	0,00697	
Valor crítico de t (una cola)	1,81246	
P(T<=t) dos colas	0,01393 *	
Valor crítico de t (dos colas)	2,22814	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo O. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos en estanques de reproductores.**

	Temperatura (°C)		Oxigeno (mg/L)		pH	
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	29,53	29,55	7,03	6,88	7,44	7,46
Varianza	2,67	2,42	0,69	0,64	0,21	0,22
Observaciones	180	180	180	180	180	180
Grados de libertad	179	179	179	179	179	179
F	1,102		1,077		0,956	
P(F<=f) una cola	0,258		0,311		0,383	
Valor crítico para F (una cola)	1,280		1,280		0,782	



**Anexo P. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para parámetros físicos y químicos en estanques de reproductores.**

	Temperatura (°C)		Oxigeno (mg/L)		pH	
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	29,53	29,55	7,03	6,88	7,44	7,46
Varianza	2,67	2,42	0,69	0,64	0,21	0,22
Grados de libertad	358		358		358	
P(T<=t) una cola	0,447		0,046		0,332	
Valor crítico de t (una cola)	1,649		1,649		1,649	
P(T<=t) dos colas	0,895		0,091		0,663	
Valor crítico de t (dos colas)	1,967		1,967		1,967	

**Anexo Q. Prueba F para varianzas de dos muestras para temperatura, oxígeno y pH para fase de incubación.**

	Temperatura (°C)		Oxígeno (mg/L)		pH	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	29,01	29,09	5,95	5,71	6,85	6,96
Varianza	3,16	1,34	0,31	0,39	0,15	0,22
Observaciones	45	45	45	45	45	45
Grados de libertad	44	44	44	44	44	44
F	2,361		0,796		0,717	
P(F<=f) una cola	0,0026	*	0,226		0,137	
Valor crítico para F (una cola)	1,651		0,606		0,606	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo R. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales y desiguales para temperatura, oxígeno y pH en fase de incubación.**

	Temperatura (°C)		Oxígeno (mg/L)		pH	
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	29,01	29,09	5,95	5,78	6,85	6,96
Varianza	3,16	1,34	0,31	0,39	0,15	0,22
Grados de libertad	76		88		88	
P(T<=t) una cola	0,40		0,03		0,10	
Valor crítico de t (una cola)	1,67		1,66		1,66	
P(T<=t) dos colas	0,80		0,06		0,20	
Valor crítico de t (dos colas)	1,99		1,99		1,99	

**Anexo S. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos para fase de incubación**

	Nitritos (mg/L)		Nitratos (mg/L)		Amonio (mg/L)		Dióxido de carbono (mg/L)		Dureza (mg/L)		Alcalinidad (mg/L)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	0,0658	0,0678	0,7225	0,9047	0,0603	0,0639	16,387	16,907	333,467	336,867	47,833	52,133
Varianza	0,0002	0,0001	0,0393	0,1298	0,0001	5E-05	2,586	1,241	72,695	36,552	48,288	36,332
Observaciones	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Grados de libertad	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
F	1,5312		0,3025		2,4733		2,084		1,989		1,329	
P(F<=f) una cola	0,2177		0,0163 *		0,0508		0,091		0,105		0,301	
Valor crítico para F (una cola)	2,4837		0,4026		2,4837		2,484		2,484		2,484	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo T. Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales y desiguales para nitritos, nitratos y amonio en fase de incubación.**

	Dióxido de carbono (mg/L)		Dureza (mg/L)		Alcalinidad (mg/L)	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	16,39	16,91	333,47	336,87	47,83	52,13
Varianza	2,59	1,24	72,70	36,55	48,29	36,33
Grados de libertad	25		25		28	
P(T<=t) una cola	0,157		0,110		0,040	
Valor crítico de t (una cola)	1,708		1,708		1,701	
P(T<=t) dos colas	0,313		0,219		0,081	
Valor crítico de t (dos colas)	2,060		2,060		2,048	

**Anexo U. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales para dióxido de carbono, dureza y alcalinidad en fase de incubación.**

	Nitritos (mg/L)		Nitratos (mg/L)		Amonio (mg/L)	
	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	0,066	0,068	0,723	0,905	0,060	0,064
Varianza	0,00017	0,00011	0,03927	0,12980	0,00011	5E-05
Grados de libertad	28		22		28	
P(T<=t) una cola	0,3260		0,0501		0,1430	
Valor crítico de t (una cola)	1,7011		1,7171		1,7011	
P(T<=t) dos colas	0,6520		0,1003		0,2859	
Valor crítico de t (dos colas)	2,0484		2,0739		2,0484	

**Anexo V. Prueba F para varianzas de dos muestras para parámetros físicos y químicos para fase de reversión sexual.**

	Temperatura (°C)		Oxígeno (mg/L)		pH	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	28,68	28,65	6,26	6,19	6,70	6,71
Varianza	1,93	1,33	0,69	0,62	0,03	0,04
Observaciones	90	90	90	90	90	90
Grados de libertad	89	89	89	89	89	89
F	1,452		1,112		0,954	
P(F<=f) una cola	0,040 *		0,308		0,412	
Valor crítico para F (una cola)	1,420		1,420		0,704	

\* Denota una diferencia estadísticamente significativa

**Anexo W. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales y desiguales para parámetros físicos y químicos en fase de reversión sexual.**

	Temperatura (°C)		Oxígeno (mg/L)		pH	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2
Media	28,68	28,65	6,26	6,19	6,70	6,71
Varianza	1,93	1,33	0,69	0,62	0,03	0,04
Observaciones	90	90	90	90	90	90
Grados de libertad	172		178		178	
Estadístico t	0,13		0,51		-0,36	
P(T<=t) una cola	0,45		0,31		0,36	
Valor crítico de t (una cola)	1,65		1,65		1,65	
P(T<=t) dos colas	0,89		0,61		0,72	
Valor crítico de t (dos colas)	1,97		1,97		1,97	



**Anexo X. Registro de peso, volumen, densidad y número de huevos del tratamiento 1**

<b>PESO PROMEDIO DE HUEVOS (mg)</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>Hembra 1</b>	5,4	9,9	11,55	7,37	10,35	11,52
<b>Hembra 2</b>	4,05	7,2	8,4	5,36	9,2	10,24
<b>Hembra 3</b>	4,5	9	10,5	6,7	12,65	14,08
<b>Hembra 4</b>	4,05	8,1	9,45	6,03	10,35	11,52
<b>Hembra 5</b>	4,95	9,9	9,45	7,37	12,65	14,08
<b>Hembra 6</b>	5,4	10,8	12,6	8,04	13,8	15,36
<b>Hembra 7</b>	3,15	6,3	11,55	7,37	12,65	14,08
<b>Hembra 8</b>	3,6	9	10,5	6,7	10,35	11,52
<b>Hembra 9</b>	3,6	7,2	8,4	4,69	10,35	11,52
<b>Hembra 10</b>	6,3	12,6	12,6	7,37	12,65	14,08
<b>VOLUMEN PROMEDIO DE HUEVOS (mL)</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>Hembra 1</b>	5,6	4,55	3,36	3,57	4,95	5,67
<b>Hembra 2</b>	5,04	5,85	4,32	4,59	4,95	5,04
<b>Hembra 3</b>	6,72	7,8	5,76	6,12	6,05	6,93
<b>Hembra 4</b>	5,6	7,15	5,28	5,61	6,05	6,93
<b>Hembra 5</b>	6,16	7,15	5,28	5,61	6,05	6,93
<b>Hembra 6</b>	6,72	7,8	5,76	6,12	6,6	7,56
<b>Hembra 7</b>	5,6	6,5	4,8	5,1	5,5	6,93
<b>Hembra 8</b>	5,04	6,5	4,8	5,1	4,4	5,04
<b>Hembra 9</b>	5,04	5,85	4,32	4,59	3,85	4,41
<b>Hembra 10</b>	4,48	5,85	4,32	4,59	6,6	7,56

<b>NUMERO DE HUEVOS POR HEMBRA</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>Hembra 1</b>	504	585	528	561	495	693
<b>Hembra 2</b>	448	520	384	408	440	441
<b>Hembra 3</b>	616	715	480	510	660	756
<b>Hembra 4</b>	616	715	528	561	605	630
<b>Hembra 5</b>	616	715	432	459	495	567
<b>Hembra 6</b>	672	780	576	612	660	756
<b>Hembra 7</b>	616	715	528	561	550	630
<b>Hembra 8</b>	448	520	336	357	385	441
<b>Hembra 9</b>	392	455	432	459	550	630
<b>Hembra 10</b>	672	780	576	612	660	756
<b>DENSIDAD DE HUEVOS (mg/mm3)</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>Hembra 1</b>	0,88	1,12	1,98	1,43	2,31	1,8
<b>Hembra 2</b>	0,56	1,26	1,98	1,04	1,68	1,6
<b>Hembra 3</b>	0,96	1,68	2,42	1,43	2,31	2,4
<b>Hembra 4</b>	0,8	1,4	2,2	1,3	2,1	2
<b>Hembra 5</b>	0,72	1,26	1,98	1,17	1,89	1,8
<b>Hembra 6</b>	0,96	1,68	2,64	1,56	2,52	2,4
<b>Hembra 7</b>	0,8	1,4	2,64	1,43	2,31	2,2
<b>Hembra 8</b>	0,56	1,12	1,76	1,04	1,68	1,8
<b>Hembra 9</b>	0,8	1,4	1,98	1,17	1,89	1,8
<b>Hembra 10</b>	0,96	1,68	2,42	1,43	2,31	2,2

**Anexo Y. Registro de peso, volumen, densidad y número de huevos del tratamiento 2**

<b>PESO PROMEDIO DE HUEVOS (mg)</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>hembra 1</b>	6,93	7,11	6,03	7,02	6,75	6,66
<b>hembra 2</b>	6,16	6,32	5,36	6,24	6	5,92
<b>hembra 3</b>	9,24	9,48	8,04	9,36	9	8,88
<b>hembra 4</b>	7,7	7,9	6,7	7,8	7,5	7,4
<b>hembra 5</b>	6,93	7,11	6,03	7,02	6,75	6,66
<b>hembra 6</b>	9,24	9,48	8,04	9,36	9	8,88
<b>hembra 7</b>	8,47	8,69	7,37	8,58	8,25	8,14
<b>hembra 8</b>	6,93	7,11	6,03	7,02	6,75	6,66
<b>hembra 9</b>	6,93	7,11	6,03	7,02	6,75	6,66
<b>hembra 10</b>	8,47	8,69	7,37	8,58	8,25	8,14
<b>VOLUMEN PROMEDIO DE HUEVOS (mL)</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>hembra 1</b>	6,36	6,12	4,08	6,24	4,16	4,24
<b>hembra 2</b>	3,71	3,57	5,1	3,64	5,2	5,3
<b>hembra 3</b>	6,36	6,12	4,59	6,24	4,68	4,77
<b>hembra 4</b>	5,3	5,1	3,57	5,2	3,64	3,71
<b>hembra 5</b>	5,83	5,61	6,63	5,72	6,76	6,89
<b>hembra 6</b>	6,36	6,12	6,63	6,24	6,76	6,89
<b>hembra 7</b>	3,71	3,57	4,08	3,64	4,16	4,24
<b>hembra 8</b>	4,77	4,59	3,57	4,68	3,64	3,71
<b>hembra 9</b>	4,77	4,59	6,63	4,68	6,76	6,89
<b>hembra 10</b>	5,83	5,61	6,12	5,72	6,24	6,36

<b>NUMERO DE HUEVOS POR HEMBRA</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>hembra 1</b>	426,4	419,2	545,4	522	531,9	511,2
<b>hembra 2</b>	533	524	606	580	591	568
<b>hembra 3</b>	480	472	667	638	650,1	624,8
<b>hembra 4</b>	373	367	485	464	472,8	454,4
<b>hembra 5</b>	693	681	424	406	413,7	397,6
<b>hembra 6</b>	693	681	788	754	768,3	738,4
<b>hembra 7</b>	426	419	606	580	591	568
<b>hembra 8</b>	373	367	424	406	413,7	397,6
<b>hembra 9</b>	693	681	788	754	768,3	738,4
<b>hembra 10</b>	640	629	727	696	709,2	681,6
<b>DENSIDAD DE HUEVOS (mg/mm3)</b>						
	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>	<b>M6</b>
<b>hembra 1</b>	2,952	3,582	3,096	3,472	3,57	1,974
<b>hembra 2</b>	3,28	3,980	3,44	5,456	5,61	3,102
<b>hembra 3</b>	3,608	4,378	3,784	4,464	4,59	2,538
<b>hembra 4</b>	2,624	3,184	2,752	5,456	5,61	3,102
<b>hembra 5</b>	2,296	2,786	2,408	3,472	3,57	1,974
<b>hembra 6</b>	4,264	5,174	4,472	6,448	6,63	3,666
<b>hembra 7</b>	3,28	3,980	3,44	4,96	5,1	2,82
<b>hembra 8</b>	2,296	2,786	2,408	4,464	4,59	2,538
<b>hembra 9</b>	4,264	5,174	4,472	5,456	5,61	3,102
<b>hembra 10</b>	3,936	4,776	4,128	5,952	6,12	3,384

