

**PLAN DE MANEJO PARA EL INCREMENTO DE LA SUPERVIVENCIA EN
LARVAS DE TILAPIA ROJA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
ESTRATEGIAS DE RECIRCULACIÓN DE LA ESTACIÓN PISCÍCOLA
FISH FLOW , NEIVA ,HUILA**

JOHNHARRY ORDOÑEZ BENAVIDES

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2016**

**PLAN DE MANEJO PARA EL INCREMENTO DE LA SUPERVIVENCIA EN
LARVAS DE TILAPIA ROJA A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
ESTRATEGIAS DE RECIRCULACIÓN DE LA ESTACIÓN PISCÍCOLA
FISH FLOW , NEIVA ,HUILA**

JOHNHARRY ORDOÑEZ BENAVIDES

**Informe final de pasantía empresarial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Producción Acuícola**

**Directora
ALBA LUCY ORTEGAS ALAS Ing. Prod. Ac, M. Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2016**

**“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son
responsabilidad exclusiva de los autores”.**

**Artículo primero del acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del
Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.**

Nota de Aceptación

ALBA LUCY ORTEGA SALAS
Directora

MARIO DAVID DELGADO
GÓMEZ Jurado delegado

MARCOANTONIOIMUÉSFIGUE
ROA Jurado

San Juan de Pasto 05 de Diciembre de 2016

Dedicado a:

MIS PADRES:

ALIRIO ORDOÑEZ Y SILVIA
BENAVIDES: Quienes con
esfuerzo y perseverancia me
brindaron todo lo necesario para
mantenerme firme en el proceso
de conseguir este título que hoy ya
es un triunfo.

A:

ARMANDO BENAVIDES Y
MARIELA PALACIOS: Quienes
con gran voluntad y desinterés me
recibieron en esta ciudad, en su
casa haciéndome parte de su
familia y hogar hasta culminar este
periodo de estudio.

JHON HARRY ORDOÑEZ
BENAVIDES

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Ingeniera Alba Lucy Ortega Salas:

Mi directora de tesis, por su constante apoyo y por su paciencia demostrada en el proceso y desarrollo de este trabajo de grado.

Ingeniero Mario David Delgado Gómez y Marco Antonio Imuez Figueroa:

Delegados de este trabajo de grado, por su solidaridad e inmensa colaboración proporcionada en el proceso de revisión y culminación de este trabajo de grado.

Robinson Liscano:

Gerente y propietario de la piscícola FISH FLOW Ltda. Por brindarme la confianza y creer en este trabajo de innovación y tecnificación.

Luis Alfonso:

Secretario de la facultad de ciencias pecuarias, por su inmensa gestión y colaboración brindada al final del proceso, la cual fue fundamental y decisiva para alcanzar este título.

Oscar Mejía:

Operario de la biblioteca del programa de Ingeniería en Producción Acuícola, su colaboración, solidaridad y consejos fueron fundamentales en la culminación de este proceso.

Piedad Mejía:

Secretaria del programa Ingeniería en Producción Acuícola. Por su gestión y colaboración brindada en la culminación de todo este proceso de titulación.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	16
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	18
2.1. OBJETIVO GENERAL	18
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
3. MARCO TEÓRICO	19
3.1 GENERALIDADES DE LA FAMILIA CICLIDAE.....	19
3.2 TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis sp</i>).....	19
3.2.1 Aspectos reproductivos de la tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>).....	20
3.3 CLASES DE HUEVOS DE PECES.....	24
3.3.1 Huevos libres	24
3.4 DESARROLLO EMBRIONARIO	25
3.5 DESARROLLO DE LARVAS DE PECES.....	26
3.6 INCUBADORAS	27
3.6.1 Incubadoras tipo Mc Donald.	27
3.7 PRODUCCIÓN DE LARVAS BAJO SISTEMAS DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL	28
3.7.1 Incubación en el sistema artificial.....	29
3.7.2 Larvicultura en sistemas artificiales.....	30
3.8 ENFERMEDADES DE LARVAS Y ALEVINOS DE TILAPIA.....	31
3.8.1 Gyrodactylus.....	31
3.8.2 Trichodina.....	32
3.9 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA.....	33
3.9.1 Sólidos totales.	34
3.9.2 Sólidos suspendidos	34
3.9.3 Sólidos disueltos.....	34
3.9.4 Temperatura	35
3.9.5 Oxígeno	35
3.9.6 Salinidad.....	35
3.9.7 pH.....	37

3.9.8 Amonio	38
4. METODOLOGÍA	39
4.1 LOCALIZACIÓN	39
4.2 DESCRIPCIÓN ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA.....	39
4.3 INFRAESTRUCTURA.....	40
4.3.1 Infraestructura del laboratorio	40
4.4 PROCESO DE REPRODUCCIÓN.....	41
4.5 PROCESO DE ALIMENTACIÓN	42
4.5.1 Alimentación de reproductores	42
4.5.2 Alimentación de larvas y alevinos.....	42
4.6 MATERIALES Y EQUIPOS.....	43
4.6.1 Materiales.....	43
4.6.2 Equipos.....	44
5. ALCANCE DE METAS DE PRODUCCIÓN E INNOVACIÓN	47
5.1 FORTALECIMIENTO DEL LABORATORIO DE INCUBACIÓN.....	47
5.2 MEJORAS EN LAS CONDICIONES FISICOQUIMICAS DEL AGUA DEL LABORATORIO.....	48
5.3 CONTROL SANITARIO EN EL LABORATORIO.....	49
6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
FORTALECIMIENTO DEL MANEJO DEL SISTEMA DE INCUBACIÓN.....	50
6.1 PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA	50
6.1.1 Mejoramiento y mantenimiento de las condiciones fisicoquímicas del agua del laboratorio.....	50
6.1.1.1 Temperatura	50
6.1.1.2 Amonio	51
6.1.3 Dureza y alcalinidad.....	51
6.1.4 pH.....	53
6.2 CONTROL SANITARIO.....	54
6.3 SUPERVIVENCIA.....	55
6.4 ANALISIS PARCIAL DE COSTOS.....	58
6.5 DÍAS DE ECLOSIÓN	59
7. CONCLUSIONES	61
8. RECOMENDACIONES.....	62

BIBLIOGRAFÍA..... 63
ANEXOS 66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros de cultivo de tilapia	20
Tabla 2. Parámetros físico químicos adecuados para el cultivo de la tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>).....	34
Tabla 3. Componentes que conforman la sal marina	36
Tabla 4. Tabla de alimentación para la reversión de larvas	43
Tabla 5. Comparación de la supervivencia en el laboratorio de incubación.	56
Figura 23.Supervivencia obtenida antes del ensayo y después de ensayo.....	57
Tabla 6. Costo por larva producida antes del ensayo.	59
Tabla 7. Calculo beneficio costo en cada uno de los ensayos	59
Tabla 8. Tiempo de eclosión.	60

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diferenciación sexual de tilapia.....	21
Figura 2. Huevos libres.....	25
Figura 3. Desarrollo embrionario de tilapia roja.....	26
Figura 4. Incubadoras tipo Mc Donald	28
Figura 5. Laboratorio de incubación de tilapia.....	30
Figura 6. Bandejas de larvicultura para tilapia	31
Figura 7. Parasito <i>Gyrodactilus</i>	32
Figura 8. Parasito <i>Trichodina</i>	33
Figura 9. Empresa piscícola Fish Flow Ltda.	39
Figura 10. Laboratorio de recirculación para incubación de ovas de tilapia.....	41
Figura 11. Traslado de alevinos a jaulas de pre cría y venta de alevinos.....	44
Figura 12. Mezcladora eléctrica para alimento con	45
Figura 13. YSI 9500 espectrofotómetro	45
Figura 14. Zona de plantas eléctricas	46
Figura 15. Calentador de agua	46
Figura 16. Capacitación personal Fish Flow.	47
Figura 17. Capacitación personal Fish Flow.	48
Figura 18. Calentadores de gas propano para el sistema de incubación empresa Fish Flow Ltda.	49
Figura 19. Temperatura durante el periodo de estudio.....	50
Figura 20. Comportamiento del amonio	51
Figura 21. Comportamiento dureza y alcalinidad durante el periodo de estudio.	53
Figura 22. Comportamiento de pH durante el periodo de estudio.	54
Figura 23. Supervivencia obtenida antes del ensayo y después de ensayo.....	57

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Plano de áreas productivas empresa Fish Flow	66
Anexo B. Plan de actividades para el alcance de las metas propuestas	67
Anexo C. Datos registrados en el estudio	69

GLOSARIO

ALEVINO: Se define como el estadio inmediatamente subsecuente al estado de larva de un pez, cuando ya tiene las mismas características morfométricas de un pez adulto e inicia su alimentación exógena y ya no depende del alimento del saco vitelino.

CONCENTRADO: son las mezclas de productos de origen vegetal o animal en su estado natural, frescos o conservados, o de sustancias orgánicas o inorgánicas, contengan o no aditivos, que estén destinados a la alimentación animal por vía oral en forma de piensos completos o de piensos complementarios.

DIAGRAMA DE PROCESO: secuencia de las operaciones, inspecciones, transportes, esperas y almacenamientos que se deben realizar en el proceso productivo para la obtención del producto.

ECLOSIÓN: momento en el cual la larva abandona el huevo en el que se desarrollo y sale al medio exterior.

FECUNDACIÓN: unión de células sexuales masculina y femenina para dar origen a un nuevo ser.

GRADOS/ DÍA: número de días que tarda el proceso de incubación de los huevos a la temperatura de un grado centígrado.

INCUBADORAS McDonald: recipiente cilíndrico con fondo esférico por donde el agua entra por un tubo que llega hasta el fondo del cilindro y su movimiento ascendente mueve y mezcla la masa de huevos continuamente.

INSEMINACIÓN: procedimiento para hacer llegar el semen al óvulo empleando técnicas adecuadas.

LARVA: estado de desarrollo inicial de un organismo acuático que le sucede al proceso de fertilización de los gametos.

LECHA: líquido seminal de los peces

MASCULINIZACIÓN: desarrollo de caracteres sexuales secundarios propios del macho en la hembra de cualquier especie animal.

MS-222: tipo de anestésico de amplio uso en acuicultura

NEOMACHO O MACHO FUNCIONAL: animales, que tras un proceso de ingesta hormonal al inicio de su vida, tienen una carga genética XX y morfológica y funcionalmente adquieren testículos y producen espermatozoides.

OVAS EMBRIONADAS: cuerpo redondeado, de tamaño y dureza variables, que producen las hembras y sustentan y protegen el embrión si el óvulo es fecundado, convirtiéndose así en cigoto.

SRA: Sistema de Recirculación Acuícola o RAS por sus siglas en inglés.

RESUMEN

El presente trabajo de pasantía empresarial se realizó en la Empresa piscícola Fish Flow Ltda., embalse de Betania, Municipio de Campo Alegre, Departamento del Huila, en el periodo comprendido desde Febrero hasta Agosto de 2015, el cual tuvo como objetivo principal Incrementar la supervivencia de larvas de tilapia roja (*Oreochromis sp*), mediante la Implementación de un plan de manejo y la inclusión de estrategias de recirculación.

Para lograr este propósito, se plantearon propuestas de innovación y manejo del sistema productivo mediante capacitaciones acerca del manejo y control de las diferentes actividades y procesos al personal encargado de la producción, dichas capacitaciones estuvieron encaminadas hacia el mejoramiento y mantenimiento de la calidad de agua implementando para ello ajustes de algunos parámetros fisicoquímicos tales como, pH, alcalinidad, dureza cálcica, dureza del magnesio, nitrógeno amoniacal total y temperatura. Estos parámetros fisicoquímicos fueron monitoreados semanalmente con el fin de realizar los ajustes pertinentes en caso de necesitarlos. Para el caso del parámetro temperatura por ser un parámetro determinante en la producción acuícola y que adquiere más importancia si se trabaja con producción de larvas y alevinos, fue necesario la instalación de un equipo de calefacción a gas por medio del cual se logró estandarizar y mantener la temperatura permitiendo así mejorar las condiciones fisicoquímicas del sistema de recirculación, disminuir el tiempo de eclosión y por ende incrementar la supervivencia de las larvas obtenidas en el sistema de recirculación.

La implementación de las actividades anteriormente mencionadas y desarrolladas en el proceso de incrementar la supervivencia de larvas, permitieron sobrepasar la meta propuesta en este trabajo; la cual fue estimada inicialmente en un incremento del 15%, por cuanto el incremento de la producción total de larvas ascendió al 23.82%, lo cual representó una producción adicional de 714.888,75 larvas, al tiempo que se redujo el tiempo de eclosión a cuatro días.

ABSTRACT

This paper business internship took place in the fish Company Fish Flow Ltda. Betania reservoir, Campoalegre Municipality, Huila Department, in the period between February and August 2015, which had as its main objective Increase larval survival of red tilapia (*Oreochromis* sp), by implementing a management plan including strategies and recirculation in Fish Flow station, Neiva, Huila.

The expected results of this study resulted in the reduction of days of hatching, increased survival, decreased pathogens by implementing the control of physical parameters, adequacy of heating recirculation system, and application protocols health through training aimed at operators.

The various activities to increase survival in the period of larvae allowed to exceed the target set in this work initially estimated at 15%, because the increase in the total production of larvae amounted to 23.82%, representing an additional production of 714888.75 larvae.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura es un actividad de producción pecuaria que ha ido incrementando el interés por su implementación a nivel nacional, puesto que desarrollada de manera responsable y llevándola a niveles industriales de producción puede significar una actividad económica que favorece las condiciones sociales a través de la generación de empleo, y lo más importante se posiciona como una gran fuente de alimento de excelente calidad favoreciendo así el sostenimiento de la seguridad alimentaria de un país.

En Colombia la acuicultura ha tenido un desarrollo positivo el cual ha ido creciendo de manera lenta debido a la falta de infraestructuras y manejo de procesos tecnológicos de tal manera que permitan desarrollar esta actividad económica de forma más eficiente y sostenible. En la actualidad se están desarrollando investigaciones encaminadas al fortalecimiento y la tecnificación de los procesos acuícolas en Colombia, teniendo como base que una de las mayores limitantes que encuentra la acuicultura es la disponibilidad de semilla, larvas y alevinos de buena calidad y que estén disponibles en las cantidades requeridas por parte de los productores y en cualquier época del año, de tal manera que permitan desarrollar una acuicultura sostenible, viable y de manera permanente, esto se debe a que el manejo de la producción de larvas y alevinos requieren de un cuidado especial ya que estos estadíos son muy delicados y las mortalidades pueden significar pérdidas superiores al 60%. Echo que conduce a que la disponibilidad sea escasa sobre todo en ciertas épocas del año como, en épocas de fuertes vientos y lluvias que desfavorecen la calidad del agua requerida¹.

Fish Flow Ltda., es una empresa ubicada en la represa de Betania, departamento del Huila, dedicada a la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp*) donde se lleva a cabo el ciclo productivo completo de la misma especie (reproducción, alevinaje, levante, engorde y comercialización). El presente proyecto de pasantía empresarial, pretende aportar al desarrollo acuícola de la empresa, mediante el incremento de la supervivencia en la fase larval en un sistema de incubación artificial, llevando un control permanente de parámetros fisicoquímicos como salinidad, dureza, alcalinidad, pH y temperatura, con el fin de obtener un incremento significativo de la supervivencia larval, beneficiando la producción de alevinos; siendo de vital importancia para cualquier producción, las mejoras que se puedan realizar en el primer eslabón de cualquier especie.

¹ GONZÁLEZ, N, et al. Plan de Negocios Piscifactoría Yaguara. Universidad E.A.N. Facultad de Postgrados. Administración Financiera. Bogotá, 2011. pp. 36.

1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La producción acuícola hoy en día es considerada como una bio-industria² de suma importancia en la seguridad alimentaria internacional y nacionalmente, siendo el cultivo de tilapia roja el que ocupa el renglón más sobresaliente dentro del cultivo de peces de agua dulce en el país; su éxito depende de la adecuada ejecución de procesos vitales como la reproducción, incubación artificial, larvicultura y alevinaje, ya que estas fases siempre se las ha considerado como un cuello de botella de la producción acuícola.

Específicamente en la empresa piscícola Fish Flow Ltda., se pudieron detectar diversas problemáticas relacionadas principalmente con manejo inadecuado de las técnicas y procesos de producción por parte del personal encargado de la producción. Entre estos diversos problemas, una de las mayores limitantes o problemáticas que más influye en la producción eficiente de larvas y alevinos es la falta de un sistema de calefacción que permita estandarizar y mantener un rango óptimo de temperatura en el sistema de recirculación dedicado a la producción de larvas.

En el periodo comprendido entre los meses de agosto, septiembre y octubre, se presentan en la región fuertes vientos y lluvias moderadas que ocasionan bajas temperaturas del agua de las unidades productivas, tanto en estanques de reproductores como de reversión. El agua del laboratorio no es ajena a este fenómeno debido a que el sistema de filtración y tanque de almacenamiento, se encuentran ubicados en la parte externa del mismo, lo que ocasiona temperaturas de hasta 23°C en la madrugada. Estas altas variaciones de temperatura, generan estrés, depresión del sistema inmune, además disminuyen el apetito de los peces y pueden causar la muerte. La disminución en las defensas de los peces y la condición de estrés provocan enfermedades causadas por los agentes patógenos presentes, ya que éstos se adaptan con mayor rapidez a los cambios de temperatura,³ estos aspectos perjudican la correcta producción en el laboratorio.

Debido a lo anteriormente expuesto, se crean ambientes que favorecen la aparición de brotes de patógenos externos como *Tricodinas* sp y *Girodactilus* sp, que se ubican en la epidermis de las larvas, causando laceraciones en la piel y provocando mortalidades masivas en el laboratorio, además no se cuenta con un protocolo acorde para examinar las larvas de forma permanente dificultando la identificación de brotes tempranos, hecho que genera pérdidas importantes de larvas.

² EUROPEAN COMMISSION. Resultado resumido, Asociación Acuícola Entre Asia Y Europa, Bélgica, 2013., pp 1. [In Line]. Disponible en internet, URL: http://cordis.europa.eu/result/rcn/91177_es.html [Citado el 3 de marzo de 2015].

³ FAO. Manual Básico de Sanidad Piscícola (en línea). (<http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>). (Citado el 8 enero de 2016)

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar un plan de manejo para el incremento de la supervivencia en larvas de tilapia roja mediante la inclusión de estrategias de recirculación de la estación piscícola Fish Flow, Neiva, Huila.

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Fortalecer el manejo dentro del laboratorio de larvas de tilapia roja.
- Estabilizar y mejorar las condiciones fisicoquímicas del agua del sistema de recirculación.
- Obtener un control efectivo de los patógenos externos en larvas implementando un plan de manejo para la sanidad del laboratorio.
- Reducir el costo de producción mediante la disminución del tiempo de eclosión

3. MARCO TEÓRICO

3.1 GENERALIDADES DE LA FAMILIA CICLIDAE.

Esta familia pertenece al orden de los Perciformes, está compuesta principalmente por 32 especies de peces de agua dulce propios de América Central y del Sur, África y Madagascar; la mayoría de las especies son omnívoras, suelen ser peces muy prolíficos y es bastante común que las parejas permanezcan unidas durante muchos años, además presenta un marcado dimorfismo sexual, ya que los machos suelen ser más grandes y con las aletas más alargadas que las hembras; en general acostumban a desovar sobre piedras o fondos cóncavos a manera de nidos, los padres se hacen cargo de las crías cuidándolos de posibles ataques de depredadores⁴. Dentro de la familia Ciclidae se encuentra la tilapia roja (*Oreochromis sp*) híbrido resultado del cruce de varias especies de tilapias, la cual se destaca como especie de cultivo.

3.2 TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*)

Castillo⁵, sostiene que dentro del género *Oreochromis*, la tilapia roja se describe como una mutación albina en un cultivo artesanal de tilapia *Oreochromis mossambicus* de coloración normal (negra). El mismo autor afirma que la tilapia roja se convirtió en la punta de lanza para el desarrollo acelerado de la piscicultura comercial a partir de la década de los 80, en países sin tradición acuícola suramericanos como: Colombia (introducida en 1982), Venezuela (introducida en 1989) y Ecuador (introducida en 1993) en forma casi simultánea con países Centroamericanos, Caribeños y Norteamericanos. La atractiva coloración, estimuló a los productores e investigadores el interés por esta especie.⁶

Esta especie, en ambientes naturales, presenta una alimentación a base de fitoplancton y detritus orgánicos, tiene un rango óptimo de producción a temperaturas de 25-30° C, caracterizada por tener cuerpo oblongo con aleta dorsal larga con 21 – 32 espinas, es una de las especies más cultivada en todo el mundo, empleándose para ello la reversión sexual a machos, ya que presentan mayor crecimiento que las hembras. Es muy apreciada por el comercio internacional, debido a la calidad de su carne; un ejemplo de esto es la alta importación por parte de Estados Unidos con aproximadamente 50.000 ton anuales y además en los últimos años el posicionamiento en el mercado Europeo⁷.

⁴ AQUANOVEL. Atlas de peces de agua dulce. Ciclidos (Cichlidae). [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: http://aquanovel.com/web_antigua/ciclididos.htm [Citado el 16 de noviembre de 2014].

⁵ CASTILLO, L. Tilapia roja. Una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. 2001. p. 69

⁶ Ibid., p. 69

En la tabla 1. Se describen algunas características biológicas de esta especie, las cuales permiten destacarla como un organismo de cultivo.

Tabla 1. Parámetros de cultivo de tilapia

Factores	Unidad de Medida	Rango
Temperatura		25-30
Turbidez	cm	25
pH	-	7-8
Amonio	ppm	0.25
Alcalinidad y Dureza	ppm	80-200

Fuente: Espejo, C. Cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) y plateada (*Oreochromis niloticus*). Bogotá, Colombia: INPA. 2001, p. 284.

La industria piscícola Colombiana está conformada por empresas que trabajan principalmente con tilapia (*Oreochromis spp*, *O. nilotica* var. *chitralada*, *O. spp.*), que es la más desarrollada, seguida del cultivo de cachama (*Colossoma macropomun*, *Piaractus brachypomus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). La tilapia roja híbrida (*Oreochromis spp.*) presenta ventajas muy importantes tales como; poseer un alto porcentaje de masa muscular, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, alta resistencia a enfermedades y, sobre todo, unas características externas de forma y coloración, que han favorecido su creciente demanda en el mercado internacional⁸.

La tilapia es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en tanques o en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la potencialidad alimenticia de los estanques y puede ser manipulada genéticamente⁹.

3.2.1 Aspectos reproductivos de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Según Daza, et al¹⁰, las tilapias son conocidas como peces muy fértiles y de fácil emparejamiento; en el

⁷ SECRETARIA DE AGRICULTURA. Tilapia (*Oreochromis sp*). Ganadería, Pesca y Alimentos. Misiones, Argentina. 2007. p. 1

⁸ GUTIÉRREZ, F. Los cíclidos (Pisces: Cichlidae) en Colombia: Introducciones, trasplantes y repoblaciones. En: Revista Científica Luna Azul, 2011; (33): 154 – 177.

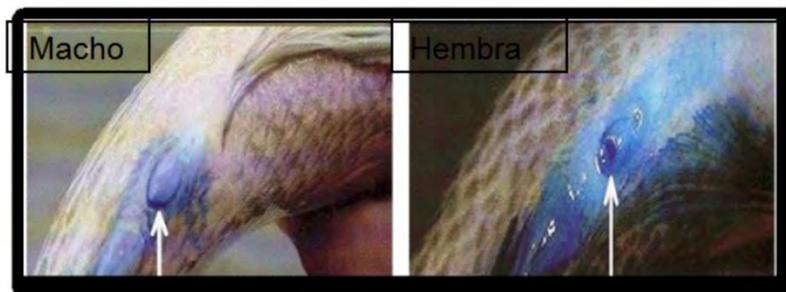
⁹ UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, Tilapia roja, Finca la Esperanza. Disponible en internet. URL. (http://tilapiarojalaesperanza.blogspot.com/2009/11/blog-post_5572.html). [Citado el 24 de Octubre de 2014]

género *Oreochromis*, el dimorfismo sexual es más acentuado y aparentemente es la hembra la que selecciona al macho por cortejo, los machos de éste género son territorialitas y son altamente prolíficos, pueden fecundar varias hembras en periodos cortos de tiempo.

Espejo y Torres¹¹ aseguran que para el cálculo de una producción final de animales o kilogramos de peces por unidad de volumen, es necesario estimar acertadamente la cantidad de reproductores, huevos, larvas y alevinos a obtener y finalmente juveniles a sembrar, algunas experiencias realizadas por éstos autores, establecen que el tamaño ideal de los reproductores se encuentra entre los 160 y 300 g, en el cual alcanzan el mayor pico de producción.

En ésta especie la diferenciación sexual se puede realizar externamente en tilapias entre 20 y 30 g; sin embargo, existe un gran interés por el desarrollo de métodos confiables, rápidos y prácticos para la identificación de los sexos de tilapias vivas. El método más práctico utilizado se basa en que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urinario, el ano esta siempre bien visible y es un agujero redondo; el orificio urogenital del macho es un pequeño punto en el extremo de la papila. La papila genital está bien desarrollada y dividida en largos filamentos blanquecinos, que durante el periodo de reproducción pueden alcanzar varios centímetros. El orificio de la hembra es microscópico, apenas visible a simple vista, el poro genital se encuentra en una hendidura perpendicular al eje del cuerpo¹², como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Diferenciación sexual de tilapia



Fuente: Zootecnia, Cultivo de tilapia, 2011. Disponible en internet.
(<http://alejandrajaima.blogspot.com/2011/06/cultivo-de-tilapia.html>)

¹⁰ DAZA, V. LANDINES, M. y SANABRIA, A. Reproducción de peces en el trópico. Bogotá, Colombia: INPA, 2001. p. 284.

¹¹ ESPEJO, C y TORRES, E. Fundamentos de Acuicultura Continental. Bogotá, Colombia: INPA, 2001. p. 284.

¹² DAZA, V. LANDINES, M. y SANABRIA, A. Op. Cit., p. 149.

Según Daza et al¹³, el comportamiento de la tilapia es influenciado por el sistema reproductivo de la misma especie, representada por el género *Oreochromis*; el cual presenta cuidado parental, es decir incubación de huevos y larvas durante los primeros días de vida, los cuales están protegidos en la boca de la madre. De acuerdo con Turner y Robinson, citados por este mismo autor, los machos del género *Oreochromis*, muestran un fuerte dimorfismo sexual, siendo éstos más grandes, más brillantes, más coloridos, dominantes, territorialitas y más agresivos que las hembras; construyen nidos y desarrollan estructuras sexuales secundarias como largas aletas dorsales y anales.

Los reproductores de tilapia roja son conocidos por ser muy prolíficos, cada hembra produce de 2000 a 3000 huevos por kilogramo de peso. En los sistemas de cultivo controlados, los huevos son desovados y fertilizados de forma natural ocasionando superpoblación en las unidades de cultivo, situación que afecta el crecimiento, conversión alimenticia y disminuye la productividad y rentabilidad de las empresas productoras, puesto que la hembra desvía todas las energías del crecimiento para procesos reproductivos como ovulación, desove y cuidado parental, razón por la cual se realizan producciones monosexo de solo machos, quienes presentan mayor crecimiento¹⁴.

Preparación de reproductores. La crianza de los animales en esta fase no es parte de la reproducción artificial, no obstante la preparación exitosa de estos, es vital para la obtención de semilla de buena calidad. Consiste en seleccionar hembras y machos sexualmente maduros de buena calidad. Los ejemplares seleccionados generalmente son obtenidos de los estanques de producción de peces y se crían en estanques separados bajo condiciones semejantes a las naturales, significa que la densidad de los probables reproductores es baja y ¹⁴deben ser alimentados regularmente con una dieta que contenga mínimo el 20% de proteína.¹⁵

La vida útil para los reproductores de tilapia es de 2 a 3 años, trabajar con reproductores de más tiempo de lo recomendado, hace que se disminuya la productividad tanto en cantidad como en calidad de los alevinos.¹⁵

Smitherman et al¹⁶., afirman que para la selección de reproductores (sexaje de ejemplares), se debe tener en cuenta aspectos fenotípicos y si es posible genotípicos, con

¹³ *Ibíd.*, p. 149.

¹⁴ SURESH, V. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. En: Revista AquaTic, No. 10, Estados Unidos. Junio, 2000. [Disponible en internet]. URL: 2014] <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=87>].

¹⁵ TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA. Piscicultura amazónica. Lima, Perú: Secretaria Pro Tempore, agosto 2002. [Citado 21 Octubre, 2014]

¹⁶ *Ibíd.* p.6.

el propósito de obtener descendencia de muy buena calidad. De los aspectos fenotípicos, se destacan su peso promedio entre 250 – 500 gr, talla entre 12 – 13 cm, edad de cinco a seis meses, el espécimen debe poseer un cuerpo proporcionalmente ancho comparado con su longitud, es decir, que su cabeza quepa más de 1,5 veces el ancho del cuerpo, tener cabeza redonda y pequeña, buena conformación corporal (buen filete, pedúnculo caudal corto, etc.)¹⁷, libre de toda malformación, ser cabezas de grupo y estar sexualmente maduro, poseer buena coloración y libre de manchas; una vez destacados estos aspectos de los ejemplares, se procede a la siembra en el estanque; la cual se recomienda entre 1.5 - 3 animales/m² y cuya proporción debe ser de tres hembras por cada macho.¹⁸

Desarrollo del ovario. Ortega y Rodríguez¹⁹, citando a Yamamoto, propone tres tipos de desarrollo ovárico así:

- **Desarrollo sincrónico.** Este estado presenta todos los oocitos en el mismo grado de madurez y es característico de especies que realizan una sola puesta en su vida, generalmente seguido por la muerte por ejemplo *Petromyzon planeri* y *Oncorhynchus masou*.
- **Desarrollo sincrónico por grupos.** Es el más común en teleósteos, en este tipo de maduración existen dos estadios diferentes, uno constituido por oocitos destinados a ser expulsados y otro por oocitos con muy poca cantidad de vitelo, generalmente desovan una sola vez al año en una estación corta y definida y pueden presentar varios desoves a lo largo de su vida, reportando especies como el arenque, la trucha y los lenguados.
- **Desarrollo asincrónico.** Donde se encuentra el mayor número de peces, aquí el ovario posee oocitos en diferentes fases de maduración, la ovulación y el desove ocurren a través de una larga etapa reproductiva y generalmente varias veces en la misma estación. Un ejemplo claro es la tilapia roja.

Woynarovich y Horváth, citados por el mismo autor²⁰, plantean que el desarrollo de los huevos es un proceso rápido, especialmente si se trata de peces tropicales y subtropicales. Los principales estadios observables son: la dilatación, el desarrollo

¹⁷ *Ibíd.*, p. 218

¹⁸ *Ibíd.*, p. 218

¹⁹ ORTEGA, L. RODRÍGUEZ, C. Evaluación comparativa del efecto del extracto pituitario de carpa gonadotropina coriónica humana en la reproducción inducida del bagre del Patía (*Rhamdia quelen*) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias 2004. p. 29.

²⁰ *Ibíd.*, p. 29.

germinativo y el desarrollo embrionario; según los autores es importante tener en cuenta parámetros determinantes en la incubación como temperatura óptima del agua, oxígeno disuelto, así como también eliminar metabolitos producidos por los huevos, bacterias u otros patógenos contaminantes, además de minimizar los efectos que puedan causar sacudidas, choques, tirones entre otras formas de daño. Para este proceso es importante tener en cuenta el tipo de incubadoras, en forma de embudo y tipo Mc Donald, en las que el agua asciende manteniendo la masa de huevos suspendida en el agua y en un continuo movimiento, aportando oxígeno suficiente en cada entrada.

3.3 CLASES DE HUEVOS DE PECES

Los huevos que caen a la cavidad ovárica no tienen forma definida. La membrana que los recubre es blanda y ciñe estrechamente la masa central que comprende el núcleo y el vitelo; cuando los huevos maduros caen al agua, adquieren forma redonda y poco después empiezan a dilatarse, el agua penetra entre la membrana del huevo, la masa central y el espacio perivitelinico; al cabo de un minuto o menos se cierra el micrópilo y ningún espermatozoide puede ya penetrar en el huevo, la dilatación dura normalmente una o dos horas; el huevo adquiere luego su forma definitiva y queda lleno de agua, pero la dilatación no altera el tamaño de la masa central del huevo²¹.

3.3.1 Huevos libres. Según Woynarovich y Horváth²², los huevos libres pueden dividirse según su peso específico en los cuatro tipos siguientes: Huevos sobrenadantes (cuyo peso específico es ligeramente menor que el del agua); huevos flotantes (cuyo peso específico es ligeramente mayor que el del agua); huevos semiflotantes (cuyo peso específico es mayor que el del agua), huevos rodantes (cuyo peso específico es mayor que el del agua). El peso específico de los huevos depende del volumen del espacio perivitelinico y del peso específico de la masa central; esta última puede ser pesada, si no tiene gotitas de glóbulos de aceite; o ligera, si tiene una o más, en ésta clase de huevos encontramos a los de la tilapia, cuyos huevos son libres pero pesados, por tal razón también se llaman bentónicos (Figura 2)

²¹ WOYNAROVICH, E. y HORVÁTH, L. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Brasil: FAO, Junio 1981. Disponible en internet: URL: <http://www.fao.org/DOCREP/005/AC908S/AC908S00.HTM>.(Citado 24 octubre, 2014)

²² *Ibíd.*, p. 8.

Figura 2. Huevos libres



Fuente: ACUICULTURA SENAGAIRA. Proyecto tilapia roja. Disponible en internet.
(<http://acuiculturasenagaira.blogspot.com/2008/09/proyecto-tilapia-roja.html>)

3.4 DESARROLLO EMBRIONARIO

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 amarilla oscura; tras un breve intervalo, cuya duración depende de la temperatura del agua, inicia la segmentación del polo animal y el promontorio unicelular se divide sucesivamente en 2, 4, 6, 8, 16 y 32 células. En esta fase presenta el aspecto de una mora (morus en latín) y por ello ese estadio se conoce con el nombre de mórula. Las subdivisiones sucesivas de esas células producen un blastodermo multicelular, que al principio no tiene más que una capa de células se llama un “blastómero”. A medida que el número de blastómeros aumenta, su tamaño disminuye. En el estadio de mórula el embrión.

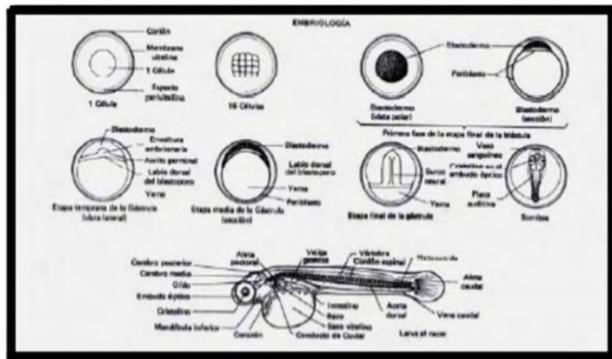
Es muy sensible a las sacudidas y las células pueden desprenderse de la superficie, causando la muerte del embrión, más tarde aparece entre el vitelo y la masa celular, un espacio denominado cavidad de segmentación, se dice entonces que el embrión se halla en el estadio de blástula.²³

A medida que avanza la división celular, las células comienzan a envolver el vitelo hasta rodearlo completamente, dejando sólo 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 del cuerpo. En la cabeza se desarrollan los ojos (“vesículas ópticas”) y el brote de la cola empieza a crecer longitudinalmente.

²³ *Ibíd.*, p. 8.

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. Ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más energéticos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, al embrión²⁴

Figura 3. Desarrollo embrionario de tilapia roja



Fuente: CANTOR, F. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. México, 2007. p. 135

Finalmente se forma el alevín, es la etapa subsecuente al desarrollo del embrión y la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días, en esta fase el alevín se caracteriza porque presenta un tamaño 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre que es de donde se alimenta los primeros días de nacido²⁵.

3.5 DESARROLLO DE LARVAS DE PECES.

De acuerdo con Benavides y Ortega²⁶, de los huevos sale una larva que se alimenta de vitelo y que al terminar con las reservas vitelinas debe alimentarse de forma exógena; su crecimiento es continuo y depende principalmente de la temperatura del agua y de la

²⁴ CANTOR, Op. Cit.

²⁵ *Ibíd.*, p. 17

²⁶ BENAVIDES, JORGE y ORTEGA, MARÍA. Evaluación de la Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) y el extracto pituitario de Carpa (EPC) en la reproducción inducida del capitán *Eremophilus mutisii* (HUMBOLDT, 1805) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. 2005, p.30.

alimentación, la larva es libre, en ella el vitelo es claramente visible y se encuentra conectado con el tubo digestivo en desarrollo; si bien todas las estructuras del animal adulto ya están presentes, su desarrollo no está completo y por tanto tampoco su funcionamiento.

3.6 INCUBADORAS

Las incubadoras son recipientes cónicos o cilindro cónicos, de materiales diversos como vidrio, plástico y en general de cualquier material inerte; deben funcionar con abastecimiento constante de agua para mantener los huevos en movimiento, de otro modo se adhieren entre sí y mueren; la renovación constante del agua permite eliminar los catabolitos, como dióxido de carbono y amoníaco.²⁷ El sistema de incubación de tilapia debe constar de incubadoras cónicas en fibra de vidrio o plástico con capacidad de 2 a 4 litros, debe tener flujo ascendente para mantener los huevos en suspensión; las larvas recién eclosionadas son depositadas en bandejas. Tanto las incubadoras como las bandejas se proveen con agua filtrada; primero por un filtro mecánico, un tamiz y finalmente por un filtro biológico (carbón activado).²⁸

3.6.1 Incubadoras tipo Mc Donald. El vaso de Mc Donald es un recipiente cilíndrico con fondo esférico (Figura 4). El agua entra por un tubo que llega hasta el fondo del cilindro y su movimiento ascendente mueve y mezcla la masa de huevos continuamente. En las incubadoras de forma cilíndrica, los huevos, separados unos de otros, se mueven y mezclan continuamente, mientras el agua que entra aporta oxígeno suficiente y arrastra consigo todos los desechos; es importante regular bien la entrada del agua, para evitar que los huevos sufran daños²⁹.

²⁷ IIAP. Abastecimiento de alevinos reproducción. [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL:<http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/CDinvestigacion/IIAP/iiap1/TEXT004.htm#TopOfPage> [Citado el 15 de Noviembre de 2014].

²⁸ RODRÍGUEZ, E. Comparación de parámetros reproductivos en hembras de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de alto y bajo valor genético. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Facultad de Ciencias Pecuarias. Zootecnia. Bogotá, 2012. p. 45

²⁹ FAO. Propagación artificial de los peces. [Sistema de Información]. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/005/AC908S/AC908S05.htm> [Citado el 18 de Noviembre de 2014].

Figura 4. Incubadoras tipo Mc Donald

Figura 4. Incubadoras tipo Mc. Donald



Fuente. ACUIPROCESOS. Jarros para eclosión tipo McDonald, 2014. Disponible en internet. (<http://www.acuiprocesos.com/catalogo/incubadoras/jarros-para-eclosion-tipo-mcdonald.html>)

Estas incubadoras son las más comúnmente utilizadas para huevos no adherentes de diferentes pesos específicos y para huevos adherentes, cuya capa adhesiva se haya eliminado, puede usarse también para huevos adheridos al material del nido. En una incubadora con 10 litros de agua, el agua debe entrar a razón de 1,2 L/min en las primeras fases de desarrollo del huevo y de 1,0 – 1,5 L/min después del cierre del blastoporo, si los huevos se mantienen en movimiento continuo quiere decir que la entrada de agua es suficiente, actualmente se usan para la incubación de cíclidos como tilapias³⁰.

3.7 PRODUCCIÓN DE LARVAS BAJO SISTEMAS DE INCUBACIÓN ARTIFICIAL

Según Ramírez³¹, éste sistema fue desarrollado por el instituto asiático de tecnología de Tailandia y mejorado en Brasil, se basa en el manejo de reproductores con las mejores características fenotípicas en “hapas” para su apareamiento, permitiendo la fácil captura de ellos, la extracción y clasificación de huevos fertilizados, para ser incubados en el laboratorio; las larvas obtenidas, se transfieren a “hapas” o tanques de fibra o concreto para su reversión; mediante el suministro de alimento balanceado con hormona masculinizante. Estos sistemas influyen en la homogeneidad de alevinos, alta tasa de reversión sexual, por encima del 99%, mayor número de ciclos reproductivos de las hembras y mayor producción de alevinos efectivos por hembra; hasta 220 frente al sistema natural en estanque, que tiene una producción de 31 alevinos efectivos.

³⁰ Ibíd., p. 3.

³¹ RAMÍREZ, R., Op. Cit. p, 69

Según Prieto y Olivera³², en Tailandia y desde hace pocos años en Brasil, se acondicionan los reproductores después de que las hembras tengan un periodo de descanso; esto permite controlar también su crecimiento y mantener grupos de reproductores de tallas homogéneas y de tamaño adecuado. Las hembras se mantienen en jaulas de malla a densidades elevadas (2 kg/m²) durante 10 a 14 días, donde reciben alimento balanceado en proporción de 2-3% de biomasa; posteriormente se trasladan a las jaulas de reproducción, de mayor tamaño, donde permanecen junto a los machos de 5 a 7 días a una densidad más baja (6,0 peces/m²) que la densidad de descanso; en este periodo se pueden alimentar con una cantidad de alimento menor, ya que las hembras por haber desovado y tener los huevos en su boca no puede alimentarse. El día 5 y 7 una vez los huevos son recogidos las hembras regresan nuevamente a las jaulas de descanso.

Este sistema de incubación ampliamente utilizado en países asiáticos, ha abierto nuevos horizontes a países occidentales y regiones donde las explotaciones no cuentan con extensiones grandes de tierra o sus condiciones climáticas son muy extremas. En granjas productoras de alevinos en Brasil, producen un millón de alevinos de tilapia/mes, aún en invierno, con tasas de eficiencia en reversión sexual del 99%; en Colombia, en los llanos orientales, departamento del Meta y en el departamento del Huila, se está trabajando con este sistema de producción y actualmente se evalúa su viabilidad económica puesto que la inversión inicial es elevada y requiere de personal adecuado³³.

3.7.1 Incubación en el sistema artificial. La obtención de huevos para incubación artificial requiere de cinco pasos principales. Primero, acondicionamiento y siembra de reproductores; segundo, adaptación e incubación de los huevos; tercero, absorción del saco vitelino en bandejas; cuarto, adaptación de las larvas a las bandejas y acostumbamiento al alimento y quinto, reversión sexual. Los huevos se desinfectan con soluciones de yodo, formalina, verde de malaquita o acriflavina, para evitar infecciones bacterianas, principalmente de *Aeromonas hydrophila* y *Pseudomonas fluorescens*, o de hongos como *Saprolegnia* sp., *Fusarium* sp. y *Trichoderma* sp., lo que puede disminuir los porcentajes de eclosión considerablemente, para luego ser sembrado en las incubadoras (Figura 5). Los huevos del género *Oreochromis* se incuban en recipientes con fondo redondeado, lo cual permite su continua rotación, debido a su gran tamaño (1,4 – 2,2 mm) y peso (3,8 – 7,8 mg), tienden a descender rápidamente al fondo del recipiente siendo necesario mantener un flujo de agua constante, simulando el movimiento de rotación que los huevos sufren en la boca de la hembra. Las principales pérdidas son debidas a daños

³² PRIETO, C y OLIVERA, M. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja (*Oreochromis* sp.). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2002, Vol. 5, No.1. pp. 115-120

³³ *Ibid.*, p.6.

físicos causados al corion de los huevos, al desbalance osmótico y contaminación bacterial o por hongos³⁴.

Figura 5. Laboratorio de incubación de tilapia



Fuente: CEIEGT. Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola, 2014. Disponible en internet. (<http://www.fmvz.unam.mx/zootecnia/ceiegtacuicola.html>)

3.7.2 Larvicultura en sistemas artificiales. Una vez las larvas nadan horizontalmente son atrapadas en bandejas de poca profundidad, (40x25x8cm) de aluminio o plástico, con dos filas de perforaciones con diámetro de 2 cm protegidas con malla fina para evitar la fuga de las larvas contenidas en ellas; pueden mantenerse de 10.000 a 20.000 larvas (Figura 6). El tiempo que toman las larvas en reabsorber su saco vitelino varía de 4 a 5,5 días, si se mantienen las mismas condiciones ambientales que se presentaron en el proceso de incubación. Una vez hayan reabsorbido su reserva vitelina y coman activamente, son alimentadas con balanceados con hormonas androgénicas que aseguren una alta tasa de reversión gonadal. El principal riesgo durante la fase de larvicultura, es la infección por parásitos como *Trichodina* sp, o *Dactilogyrus* sp, que atacan la piel y branquias, produciendo entre el 70 – 80 % de mortalidad en un periodo de aproximado de 10 días. Si se mantienen las condiciones de buena calidad del agua, se minimiza este riesgo. La supervivencia por bandeja es cercana al 90% a densidades entre 5000 a 12000 larvas, con flujos de 0,3 a 0,4 L/min, mientras que las mejores tasas de crecimiento específico se encuentran a bajos flujos de agua (0,002 L/min); las larvas producidas en este sistema, presentan mejor supervivencia que las larvas producidas naturalmente (73% vs 98,4%).³⁵

³⁴ *Ibíd.*, p.6.

³⁵ PRIETO, C y OLIVEM, M., *Op. Cit.* p.118.

Figura 6. Bandejas de larvicultura para tilapia



Fuente: Alevinos Saudaveis.2014. Disponible en internet (<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1763>).

3.8 ENFERMEDADES DE LARVAS Y ALEVINOS DE TILAPIA.

De acuerdo con la calidad del agua, existen parásitos encontrados en las larvas y alevinos de las tilapias, como son el *Gyrodactylus* sp. Y la *Trichodin* sp.

3.8.1 Gyrodactylus. Es un parásito nematodo, forma parte de la flora ambiental y es capaz de producir la aparición de viscosidad que se acompaña de pequeños puntos de sangre en la piel. El *gyrodactylus* en larvas se puede fácilmente reconocerse con la ayuda de un microscopio con lente 10X. Los trematodos parásitos de los peces son varios, hay parasitarios de la piel y las branquias, que son poseedores de uno o más pares de ganchos utilizados para fijarse; algunos trematodos en estado larvario son encontrados en órganos internos, piel, branquias, ojos, músculos y hasta en la sangre.³⁶ Figura 7.

Los tratamientos para éste parásito son: solución salina de 2 – 3,5 % (20-35 gramos por litro) mata al *Gyrodactylus* en 15 segundos, se debe sumergir en esta solución unos 2-3 minutos.³⁷

³⁶ EL ACUARISTA. Gusanos Parásitos. *Gyrodactylus* y *Dactylogyrus*. [en línea]. Disponible en internet, URL: <http://www.elacuarista.com/secciones/gyrodact.htm>. [Citado el 13 de Noviembre de 2014].

³⁷ *Ibíd.*, p.6.

Figura 7. Parasito *Gyrodactilus*

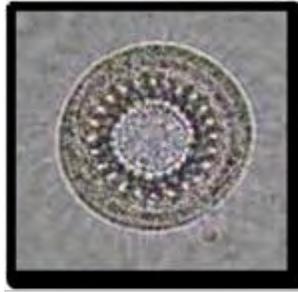


Fuente: Fotolog. Noviembre, 2014. Disponible en internet. (http://www.fotolog.com/_kmi/24354942/)

3.8.2 Trichodina. Es un parásito protozoario, generalmente se manifiesta en el pez como una capa de mucus blanquecina en la cabeza y en lados del cuerpo, en estados muy avanzados se nota irritación de la piel y las aletas deshilachadas, el organismo libre visto de lado, se caracteriza por tener forma de campana, posee 3 cinturones o anillos de cilios quitinosos alrededor de su cuerpo (Figura 8). Este parásito se adhiere fuertemente provocando irritación de la epidermis, llevando a las células mucosas del pez a segregar una gran cantidad de mucus, es entonces como de células muertas como se alimenta este³⁸. Es fácilmente detectable en los raspados de piel con un aumento del 10X. Cuando está vivo se parece al típico platillo volante y cuando está muerto se asemeja a una circunferencia con cilios y dientes a su alrededor. Los cilios que están situados alrededor de la circunferencia le sirven para desplazarse. Los tratamientos que se aplican para la Trichodina son cloruro de sodio al 1% en un baño de 10 min; baños de Formol al 10% durante 5,0 minutos y permanganato de potasio 15 ppm.

³⁸ GONZÁLEZ, J. Parasito fauna en Tilapia Causante de Mortalidad en Alevinos en Dos Centros de Cultivo Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria la Molina. En: Asociación Peruana de Helmintología e Invertebrados Afines (APHIA). ISSN: 1945-1043. Vol.6. No.2, 2012. p. 219-229

Figura 8. Parasito *Trichodina*



Fuente: Trichodina sp. Noviembre, 2014. Disponible en internet.
(http://zakkizainun.blogspot.com/2008_08_01_archive.html)

3.9 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA.

Según Gallardo³⁹ para cualquier fase de un cultivo en la acuicultura, se necesita que la calidad del agua sea óptima, especialmente para las primeras fases de su desarrollo, puesto a que el agua que llega a los reservorios o fuentes de almacenamiento no es de la mejor calidad, se diseñan y se manejan sistemas de filtración y decantación, con el fin de mejorar sus propiedades.

Para mantener una calidad de agua adecuada, en ocasiones se hace necesario implementar otro tipo de sistemas; una de las mejores opciones para ello son los filtros de arena y decantadores, para disminuir considerablemente la concentración de sólidos suspendidos, quedando inclusive por debajo de las exigencias establecidas; la eficiencia de éstos se mide de acuerdo a la cantidad de sólidos retenidos en él; el valor de la eficiencia se expresa en porcentaje, rango que va desde 0 -100 %.⁴⁰

La piscicultura de flujo abierto, lamentablemente son un tanto más ineficientes que una de flujo cerrado (con aportes diarios) ya que en estas últimas la posibilidad de medir y corregir algún parámetro que presente una amenaza para el equilibrio del sistema es totalmente posible. Para una operación normal de las primeras fases del cultivo, el límite de sólidos totales admitidos, suele ser de 10 ppm, alcanzando un límite superior de 25 ppm, por ello, la remoción de los sólidos totales (suspendidos y disueltos) es indispensable. El registro y control tanto del pH, amonio, salinidad, temperatura y oxígeno, son parte fundamental en la eficiencia que se busca en la operación de estos sistemas⁴¹.

³⁹ GALLARDO, Rodrigo. Sistema de recirculación de agua para la cría de alevinos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y carpa común (*Cyprinus carpio*). Bogotá: SAGPYA, 2006. Disponible en internet: URL: http://www.produccionbovina.com/produccion_peces/piscicultura/3sistemas_cerrados_de_recirculacion.htm.

⁴⁰ GUIME, Fernando. Filtración de sólidos y materiales filtrantes. Bogotá: Inter Pure Walter. Septiembre 2002. (Citado 25 octubre, 2014).

3.9.1 Sólidos totales. Los sólidos totales son la suma de los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos⁴².

3.9.2 Sólidos suspendidos. Es la medida de los sólidos sedimentables, que pueden ser retenidos por un filtro. Se puede determinar pesando el residuo que queda en el filtro, después del secado. Son pequeñas partículas de contaminantes sólidas que flotan en la superficie o que están suspendidos en el agua u otros líquidos. Pueden ser removidos por medios físicos o mecánicos a través de procesos de filtración y sedimentación⁴³.

3.9.3 Sólidos disueltos. Los sólidos es la medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por la evaporación de una cantidad determinada de agua, previamente filtrada, corresponde al residuo con filtración previa, el origen de los sólidos disueltos puede ser orgánicos e inorgánicos⁴⁴.

En la Tabla 2 se plantean los valores de ciertos parámetros físicos y químicos a tener en cuenta para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Tabla 2. Parámetros físico químicos adecuados para el cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

Parámetros	Valores Mínimos	Valores Óptimos	Valores Máximos
Oxígeno ppm	4,5	6,0	9,0
Temperatura (°C)	22	27	32
Dureza ppm.	50	150	350
pH	6,5	7,0	9,0
Amonio ppm.	0,05	0,05	0,1
Nitritos ppm.	0,1	0,1	1,0

⁴¹ *Ibíd.*, p.2.

⁴² LA PEÑA, Miguel. Tratamientos de aguas. Bogotá: MARCOMBO, 1089. (Citado 13 noviembre, 2014). Disponible en internet: URL: <http://books.google.com.co/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA32&lpg=PA32&dq=solidos+disueltos&>

⁴³ *Ibíd.* p.3.

⁴⁴ *Ibíd.* p.3.

Dióxido de carbono ppm.	10	10	18
Fuente: BARNABE, Gilbert. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura. Zaragoza, España: Acribia, 1996. p.363.			

3.9.4 Temperatura. La temperatura corporal de los peces depende de la temperatura del medio y además son altamente termófilos, dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura. El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28°C y 32°C aunque ésta puede mantenerse con una variación de hasta 5°C por debajo de este rango óptimo, los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y por ende mayor consumo de oxígeno; el efecto negativo sobre el crecimiento del pez cultivado que pudiera originar las variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche, podría subsanarse con el suministro de alimentos con porcentajes altos de proteína (30%, 32%, etc.)⁴⁵.

3.9.5 Oxígeno. Es el parámetro fisicoquímico más importante en el cultivo de especies acuáticas, el grado de saturación del oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la altitud y la temperatura y directamente proporcional al pH. Especies como la tilapia son capaces de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 ppm), pero esto provoca efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de 4 mg/L, el cual debería ser medido en la estructura de salida de un estanque (desagüe). Valores menores al indicado, reducen el crecimiento e incrementa la mortalidad⁴⁶

Algunos factores como la descomposición de materia orgánica, alimento no consumido, animales muertos, aumento de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura, respiración del plancton, desgasificación, aumento de sólidos en suspensión, residuos de sedimentos en el agua, elevada densidad de siembra, entre otros; influyen en que disminuya el nivel de oxígeno disuelto presente en el cuerpo de agua; ocasionando la disminución de la tasa de crecimiento de los animales, incremento de la conversión alimenticia (relación alimento consumido/aumento de peso), inapetencia, letargia, inmunosupresión, susceptibilidad a enfermedades y disminuye la capacidad reproductiva⁴⁷.

3.9.6 Salinidad. Es una propiedad importante dentro de la calidad de los cuerpos de agua naturales, originalmente este parámetro se concibió como una medida de la cantidad total

⁴⁵ NICOVITA. Manual de crianza Tilapia. Nicovita, Tilapia. p.48. Disponible en internet, URL: Disponible en internet, URL: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf> [Citado el 14 de octubre de 2014].

⁴⁶ *Ibíd.*, p. 6

⁴⁷ *Ibíd.*, p. 7

de sales disueltas en un volumen determinado de agua⁴⁸, pero también es un parámetro que puede ser controlable mediante la utilización de algún tipo de sales como por ejemplo la sal marina.

- Sal marina. El proceso de formación de sal marina se da gracias a minerales liberados junto con la lava durante el enfriamiento terrestre, los cuales son más pesados que el vapor de agua estos se acumularon en las rocas, por medio de condensación y lluvia, gracias a este proceso el agua se filtra y se saliniza. La sal marina contiene además de cloruro de sodio (NaCl), elementos secundarios como azufre, magnesio, potasio y calcio (en cantidades mucho menores al cloro y sodio). Normalmente el agua de mar tiene una salinidad de 35 partes por mil, sin embargo esta cantidad en el caso de la Guajira, es aproximadamente 40 partes por mil y de todas formas la proporción de cada ion que forma parte de la salinidad del mar es la misma⁴⁹. (Tabla 3)

Tabla 3. Componentes que conforman la sal marina

Ion Contenido en la sal marina	Porcentaje en la salinidad
Cloruro	55.03
Sodio	30.59
Sulfuro	3.68
Calcio	1.18
Potasio	1.11
Bicarbonato	0.41
Bromuro	0.19
Borato	0.08
Estroncio	0.04
Fluoruro	0.003

Fuente: GUAJIRA 2012. Disponible en Internet. (<http://guajira12.weebly.com/extraccioacuten-de-sal.html>)

Los peces de agua dulce y langostinos sufren de una hidratación en cuanto a los requerimientos de minerales, debido al paso del agua del medio acuático al organismo a través de las branquias, ocasionado por la constante pérdida de sal en un medio hipotónico. Consecuentemente beben muy poca agua, si es que lo hacen y para compensar la pérdida de sal por la orina, tienen que bombear muy activamente sal del medio externo a su plasma, a través de las branquias. Por lo cual los peces de agua dulce y langostino demandan de un adecuado suministro de minerales en la dieta, en comparación de los peces marinos y camarones.⁵⁰

⁴⁸ PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS. La salinidad. [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf> [Citado el 21 de octubre de 2014].

⁴⁹ GUAJIRA 2012. La sal. [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: <http://guajira12.weebly.com/extraccioacuten-de-sal.html> [Citado el 16 de octubre de 2014].

La salinidad es un factor importante para la incubación de huevos de peces, ya que fuera de un rango óptimo de salinidad, el desarrollo embrionario se ve afectado, provocando malformaciones en embriones y larvas, puede alargar el tiempo y disminuir el porcentaje de eclosión⁵¹

Por otro lado según Chávez⁵², los minerales juegan un papel muy importante debido a que son constituyentes esenciales de las estructuras esqueléticas, tales como huesos y dientes; juegan un papel clave en el mantenimiento de la presión osmótica y consecuentemente, regulan el intercambio de agua y solutos dentro del cuerpo animal; sirven como constituyentes estructurales de tejidos blandos; son esenciales para la transmisión de los impulsos nerviosos y para las contracciones musculares; son vitales en el equilibrio ácido-base corporal y consecuentemente regulan el pH de la sangre y otros fluidos corporales, finalmente sirven como constituyentes esenciales de muchas cofactores en el metabolismo, catálisis, o como activadores enzimáticos.

En el 2003 se observó una buena adaptación a condiciones salinas. Mediante el manejo de la salinidad de agua se ha logrado adaptar la tilapia a aguas salinas con 35 partes por mil y lograr su reproducción controlada en cautiverio. La fecundidad de la tilapia decrece significativamente en aguas salinas. Esta condición reduce el riesgo de una sobrepoblación de un cultivo mixto (machos y hembras) reduciendo la necesidad de reversión de sexo (masculinización) de los ejemplares mediante el uso de hormonas. Esta condición provee una ventaja competitiva en mercados con restricciones de uso de hormonas⁵³.

3.9.7 pH. Es la concentración de iones de hidrógeno en el agua; el rango óptimo está entre 6.5 a 9.0, valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y la reproducción. Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel⁵⁴.

⁵⁰ CHÁVEZ R. J. Biólogo MSC. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009 p. 45.

⁵¹ ABDO, M, et al. Efecto de la temperatura y la salinidad del agua en la incubación de huevos de botete diana *Sphaeroides annulatus*. En: Revista de biología marina y oceanografía. Vol. 47. No. 1. Abril, 2012. p. 147-153.

⁵² CHÁVEZ, R, Op. Cit., p.10.

⁵³ CENAIM. Cultivo de Peces Marinos. Proyecto: Cultivo Integrado de Huayaipe (*Seriola rivoliana*): Producción de Semilla y Larvicultura en Laboratorio y Engorde en Sistemas de Maricultura (Jaulas Flotantes). 2003. Disponible en internet, URL: <http://www.cenaim.espol.edu.ec/node/95> (Citado el 22 de octubre de 2014)

⁵⁴ NICOVITA. Op. Cit., p.10-11.

Cuando se presentan niveles de pH ácidos, el ion Fe se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales y por ende, disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno). El pH en el agua fluctúa en un ciclo diurno, principalmente influenciado por la concentración de CO₂, por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El pH para tilapia debe ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una segregación adecuada del mucus en la piel⁵⁵.

3.9.8 Amonio. El amonio es considerado habitualmente como nitrógeno procedente de la descomposición de materia orgánica y/o excreción producida por organismos, es un producto de la excreción, orina de los peces y descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces, es un elemento tóxico.⁵⁶

La toxicidad del amonio en forma no ionizada (NH₃), aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, el pH indica valores altos (alcalino) y la temperatura es alta; cuando los valores de pH son bajos (ácidos), el amonio no causa mortalidades, los valores de amonio deben fluctuar entre 0.01 ppm a 0.1 ppm (valores cercanos a 2 ppm son críticos). El amonio es tóxico, y se hace más tóxico cuando el pH y la temperatura del agua están elevados, los niveles de tolerancia para tilapia se encuentran en un rango de 0.6 a 2.0 ppm. La concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos, inmutación y supresión de la inmunidad y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y supervivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen)⁵⁷.

⁵⁵ *Ibíd.*, p.11

⁵⁶ MARTÍNEZ, L. et al. Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. Universidad Politécnica de Cartagena. Grupo de Investigación Ecosistemas. En: Revista de investigación EUITC. III Jornadas de introducción a la investigación de la UPCT. Cartagena, Colombia, 2010. pp.92-95

⁵⁷ NICOVITA. Op. Cit., p.12.

4. METODOLOGÍA

4.1 LOCALIZACIÓN

La empresa piscícola Fish Flow se encuentra ubicada en el embalse de Betania en el municipio de Campo alegre, sobre la llamada “Quinta Isla”, en cercanías a las compuertas de la hidroeléctrica y al puerto de Seboruco, ubicada a 35 km de Neiva, al sur occidente del departamento del Huila, en la cuenca alta del río Magdalena y a una altura de 550 msnm 58, ideal para el cultivo de especies tropicales como es el caso de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*). Se ubica geográficamente a 2°41'21.15" latitud norte y a 75°25'56.67" longitud oeste⁵⁸, posee una temperatura ambiental de 28oC, y temperatura del agua de 26°C, humedad relativa del 60% y precipitaciones de 1680 mm.⁵⁹

Figura 9. Empresa piscícola Fish Flow Ltda.



Fuente: Lizcano, R. 2006, Empresa piscícola Fish Flow Ltda.

4.2 DESCRIPCIÓN ADMINISTRATIVA DE LA EMPRESA

La empresa piscícola Fish Flow, está constituida como una sociedad de responsabilidad limitada, registrada con NIT. N° 900.035.629-8 y mediante el permiso de cultivo otorgado por el ICA N° 000064 del 14 de enero del 2009, cuyo objeto social es la producción, distribución y comercialización de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*), obtenidos mediante grupos de reproducción principalmente en el sistema de incubación artificial, ofreciendo a sus clientes alevinos de cuatro gramos en una cantidad promedio de 1.800.000 alevinos mensuales⁶⁰.

⁵⁸ *Ibíd.*, p. 5

⁵⁹ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, (ICA).Resolución N°000064, permiso de cultivo de Tilapia roja a la sociedad PISCÍCOLA FISH FLOW Ltda. 14 de enero 2009, pp 1.

⁶⁰ HUILA, GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL, Represa de Betania. Disponible en: http://turismo.huila.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=37956:represa-de-betania&catid=3:cul-contenido&Itemid=1

La empresa posee 10 operarios para la producción de alevinos, distribuidos en las diferentes labores productivas como la recolección de ovas, siembra de larvas, cosecha de alevinos, alimentación de peces en reversión, alevinos y reproductores. Además dispone de asesoría técnica con un profesional encargado de la coordinación general de las actividades.

En la parte administrativa se cuenta con el representante legal, con función de gerente y propietario de la empresa, una auxiliar contable, un contador y un asesor fiscal.

4.3 INFRAESTRUCTURA

La empresa posee un área total de espejo de agua en tierra de 60.000 m², constituida por 116 estanques en tierra, con un área aproximada de 550 m² cada uno y una profundidad promedio de 1,50 m; de estos estanques; 51 albergan grupos de reproductores encargados de generar semilla y 65 estanques son destinados para la reversión de alevinos de tilapia roja como se observa en el Anexo A. El agua es bombeada desde la represa mediante el uso de tres electrobombas, de 2 HP, las cuales disponen de un diámetro de 3" tanto en la succión como en la descarga.

4.3.1 Infraestructura del laboratorio. El laboratorio de incubación para ovas de tilapia roja, dispone de un sistema de recirculación, conformado por un tanque elevado con capacidad de 30 m³, ubicado a una altura de 3m, un sistema de filtración mecánica y biológica de 30 m³ para el tratamiento del agua recirculada y las unidades de incubación y reabsorción.

Este laboratorio posee un área de 90 m², donde se ubican tres mesones para albergar 75 incubadoras tipo Mc Donald de cuatro litros cada una, además de cinco canales donde se ubica un total de 125 bandejas de reabsorción, aquí las larvas permanecen durante dos días para reabsorber el vitelo. (Figura 10).

La capacidad máxima de producción del laboratorio es de 5.000.000 larvas mensuales efectivas, y una producción de alevinos de 3.250.000 teniendo en cuenta una supervivencia del 65%

Figura 10. Laboratorio de recirculación para incubación de ovas de tilapia



Los reproductores están ubicados en “hapas” de 15m de largo por 4m de ancho y una profundidad de 1,5 m, en donde se llevan a cabo los procesos de reproducción.

Finalmente se dispone de una bodega de 9m x 6m en donde se almacena el concentrado, además existen dos casetas que contienen materiales, insumos y equipos de uso cotidiano.

4.4 PROCESO DE REPRODUCCIÓN

Este sistema está conformado por 6000 hembras y 2000 machos distribuidos en 20 grupos de reproductores; los cuales han sido previamente seleccionados teniendo en cuenta características fenotípicas descritas por Smitherman et al⁶¹:

- Coloración rojiza uniforme y sin manchas negras.
- Forma del cuerpo.
- Tamaño y forma de la vesícula urogenital.

Cada grupo de reproductores está conformado por 400 animales en una relación de tres hembras por cada macho; semanalmente se lleva a cabo la extracción de las ovas, para ello, se realiza la captura de las hembras pertenecientes a cada grupo, llevándolas a un extremo de la japa y revisando la cavidad bucal de cada animal, a continuación con un suave enjuague, se extraen las ovas embrionadas realizando la diferenciación de las recién fecundadas y embriones de mayor edad, posteriormente se depositan en dos tinas de 40 litros de capacidad y se procede al traslado de estas al laboratorio de incubación.

Teniendo en cuenta la programación establecida por el coordinador del laboratorio, a cada grupo de reproductores se le realiza la extracción de ovas una vez por semana.

⁶¹ SMITHERMAN, R.; SIRAJ, S.; GALLUSER, S. & DUNHAM, R. Reproductive traits for three year classes of *Tilapia nilótica* and maternal effects on their progeny. En: L. Fishelson and Z. Yaron (Compilers), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 1983. pp. 218.

Finalmente después de transcurridas cuatro semanas, se trasladan los animales a otro estanque, reponiendo aquellos que se escaparon de las hapas en las jornadas anteriores.

En el laboratorio, se realiza la desinfección de las ovas embrionadas con peróxido de hidrogeno (1ppm) durante un minuto, posteriormente son contabilizadas mediante método volumétrico y sembradas en las incubadoras tipo Mac Donald, con capacidad máxima de 60.000 ovas por incubadora.

Las ovas eclosionan a los siete días, a una temperatura de entre 24oC y 26 oC. A continuación, se llevan a las bandejas de reabsorción, donde permanecen tres días más, para luego ser sembradas en las piscinas donde se realiza el proceso de reversión, suministrando alimento hormonado por un periodo de 28 días, completando el ciclo de alimentación con alimento sin hormona de 45% de proteína hasta los 45 días, manteniendo una densidad de siembra de 110 larvas/m³. Los alevinos reversados alcanzan un peso de 2 g a 2,5 g, y son trasladados a las jaulas de pre-cría para alcanzar un peso comercial de cuatro gramos.

En el laboratorio se realizan mediciones de la calidad del agua del sistema de recirculación de manera ocasional, lo cual dificulta un control oportuno y permanente de parámetros de interés como amonio, alcalinidad, dureza total, dureza en calcio, dureza en magnesio y pH.

4.5 PROCESO DE ALIMENTACIÓN

4.5.1 Alimentación de reproductores. El alimento se suministra dos veces al día a razón del 1,5% de la biomasa según lo descrito por Gunasekara et al.,⁶² la distribución del alimento se realiza en el perímetro del estanque con el fin de que la mayor parte de los animales tengan disponibilidad del alimento.

4.5.2 Alimentación de larvas y alevinos. La alimentación para larvas en reversión se realiza con concentrado comercial al 45% de proteína en harina; mezclado con hormona de reversión 17 alfa metil testosterona, completando un ciclo de 28 días. El suministro de alimento diario se hace teniendo en cuenta la Tabla 4, en seis comidas al día.

⁶² GUNASEKARA, R.; SHIM, K. & LAM, T. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*.1996, pp. 134.[En línea] *Aquaculture and Fisheries Management* 24:399-405.[Citado el 16 de noviembre del 2014].

Tabla 4. Tabla de alimentación para la reversión de larvas

Semana	Consumo Larva/día (gr) (24° a 32°)	Consumo grupo (gr /día)	Consumo grupo (gr /Ración)	Consumo grupo (Kg /Semana)	Consumo grupo Bultos (40Kg /Semana)
1	0,01	900	113	6,3	0,16
2	0,03	2700	450	18,9	0,47
3	0,05	4500	750	31,5	0,79
Total				56,7	1,42

Nota: Larvas Sembradas por estanque, 90.000

Una vez terminado el ciclo de reversión, los alevinos son alimentados con concentrado comercial de 45% de proteína en harina. Cuando los animales son trasladados a las jaulas de venta se suministra el alimento teniendo en cuenta la Tabla 5. La distribución del alimento se hace en cuatro comidas al día.

4.6 MATERIALES Y EQUIPOS

4.6.1 Materiales.

Para el desarrollo de las actividades se cuenta con los siguientes materiales.

- **Nasas.** Las cuales se emplean para capturar peces para posteriores manipulaciones como biometrías, observaciones y clasificación de reproductores.
- **“Hapas”.** Son jaulas construidas con maya de calibre 3mm de ojo de maya, estas son utilizadas para albergar los reproductores, a los cuales se les extrae los huevos
- **Chinchorro.** Se cuenta con 2 chinchorros uno de calibre ¼” utilizado para el arrastre u captura de alevinos reversados que son trasladados a las jaulas de precrías, y un chinchorro de 1 1/2” utilizado para la captura de reproductores en los procesos de traslado de un estanque a otro
- **Tinas de 20 Litros.** Se dispone de tinas de 20 litros de capacidad, las cuales se emplean para transportar los huevos y embriones desde las “hapas” de reproductores hasta el laboratorio de incubación.
- **Beacker.** Se dispone de un beacker aforado para realizar la cuantificación de los huevos que se siembran en las incubadoras.
- **Incubadoras tipo McDonald.** Se dispone de un total de 75 incubadoras tipo McDonald las cuales albergan los huevos que están en procesos de eclosión

- **Tanque de transporte de alevinos.** Se dispone de un tanque de 1500 litros de capacidad el cual se utiliza para transportar los alevinos que se trasladan desde los estanques de reversión hasta las jaulas de precría, ubicadas en el embalse.
- **Pipeta de oxígeno.** Se dispone de una pipeta de oxígeno la cual suministra el oxígeno necesario en el proceso de traslado de alevinos desde los estanques hasta las jaulas de precría.

4.6.2 Equipos.

- **Vehículo para traslados.** Se dispone de una camioneta Dmax, dotada con el tanque de 1500 litros y la bala de oxígeno para el traslado de los alevinos desde los estanques de reversión hasta las jaulas de precría.
- **“Planchón” flotante.** Se dispone de un “planchón” el cual se utiliza para soportar la camioneta en los traslados de alevinos
- **Motores fuera de borda.** Se dispone de un motor fuera de borda de 20 hp, el cual es utilizado para transportar el “planchón” con la camioneta en los procesos de traslado de alevinos. Figura 11

Figura 11. Traslado de alevinos a jaulas de pre cría y venta de alevinos



Fuente: Lizcano R. 2013. Empresa piscícola Fish Flow Ltda.

- **Mezcladora eléctrica.** Se dispone de una maquina mezcladora con motor eléctrico de 2 hp, la cual se utiliza para mezclar el alimento harina 45% de proteína con la hormona maculinizante 17 alfa metil testosterona, la cual se suministra a las larvas para el proceso de reversión sexual Figura 12.

Figura 12. Mezcladora eléctrica para alimento con hormona 17-alfametil testosterona



- **Equipo paramétrico YSI 9500.** Para el control y monitoreo de calidad del agua, se cuenta con un equipo YSI 9500 fotómetro, dotado de un amplio espectro de medición de los siguientes parámetros: pH, alcalinidad, dureza magnésica y cálcica, amonio, nitritos, oxígeno, hierro, potasio. Figura 13.

Figura 13. YSI 9500 espectrofotómetro



- **Planta eléctrica.** Para casos de emergencia por fallas en el suministro de energía eléctrica la empresa dispone de dos plantas diésel de 2000 kilovatios de potencia. (Figura 14.)

Figura 14. Zona de plantas eléctricas



- **Calentador de agua.** Se implementó la instalación de un calentador de paso de caudal 12L/minde agua a gas para estandarizar y mantener la temperatura del agua. Figura 15

Figura 15. Calentador de agua



5. ALCANCE DE METAS DE PRODUCCIÓN E INNOVACIÓN

5.1 FORTALECIMIENTO DEL LABORATORIO DE INCUBACIÓN.

Se logró fortalecer los procesos dentro del laboratorio mediante capacitaciones realizadas a los 10 operarios encargados de la producción de larvas en el sistema de incubación artificial, los cuales recibieron instrucciones sobre el manejo adecuado del sistema de recirculación, dando a conocer, las siguientes temáticas.

- **Mantenimiento del sistema de recirculación.**
 - Lavado y desinfección mensual del sistema de filtración.
 - Operación del sistema de bombeo
 - Aseo diario de utensilios y superficies del laboratorio.

- **Manejo del equipo paramétrico fotómetro YSI 9500**
 - Preparación de muestras de agua
 - Lectura de las muestras de agua
 - Análisis de las lecturas obtenidas
 - Ajustes pertinentes al agua en los parámetros que requiera según la lectura obtenida

Figura 16. Capacitación personal Fish Flow.



Dichas capacitaciones, se realizaron mediante talleres demostrativos, dando a conocer de forma clara y puntual el manejo correcto del sistema de recirculación y de los equipos empleados en el laboratorio como refractómetro y el YSI para medición de parámetros. Para medir la apropiación del conocimiento, se realizaron las evaluaciones teóricas pertinentes, y se visualizó la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos en cada labor que el operario realiza rutinariamente. También se dejó una copia en físico de todos los procedimientos y el manejo de equipos, así como flujogramas para la fácil ejecución de estos.

Figura 17. Capacitación personal Fish Flow.



5.2 MEJORAS EN LAS CONDICIONES FISICOQUIMICAS DEL AGUA DEL LABORATORIO.

Mediante las habilidades obtenidas por parte de los operarios se logró realizar un monitoreo constante de los parámetros fisicoquímicos como pH, Alcalinidad, dureza cálcica, dureza del magnesio y nitrógeno amoniacal, permitiendo así que estos se ajustaran a los rangos permitidos para el buen desarrollo de las fases larvales.

Para el caso del parámetro temperatura, fue implementado un sistema de calefacción a gas propano con un cilindro de 35 libras dentro del laboratorio, el sistema consta de dos quemadores marca BOSH ubicados en la parte externa del laboratorio.

Con la adecuación de este sistema de calefacción se logró mantener una temperatura permisible y estable, de tal manera que permitió un mejor desarrollo de las larvas, se redujo del tiempo de eclosión, mejorando de esta manera la supervivencia de las larvas obtenidas en el laboratorio de incubación.

La instalación y funcionamiento del sistema de calefacción se describe en detalle en la figura 17.

Figura 18. Calentadores de gas propano para el sistema de incubación empresa Fish Flow Ltda.



5.3 CONTROL SANITARIO EN EL LABORATORIO.

Se implementó un protocolo acorde para el mantenimiento de la sanidad del laboratorio, por lo que se estableció un cronograma para examinar las larvas de forma permanente, identificando brotes tempranos de patógenos externos, previniendo mortalidades masivas en la producción. Dicho protocolo es una adaptación a un documento técnico de la FAO⁶³, y se ajustó a las condiciones de producción de la piscícola Fish Flow, como se puede verificar en el cuadro⁶³.

⁶³ FAO, 2004. Manejo sanitario y mantenimiento de la bioseguridad de los laboratorios de postlarvas de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en América Latina. FAO, Documento técnico de pesca No. 450. Servicio de recursos de aguas continentales y acuicultura. Roma, Italia, 2004.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

FORTALECIMIENTO DEL MANEJO DEL SISTEMA DE INCUBACIÓN

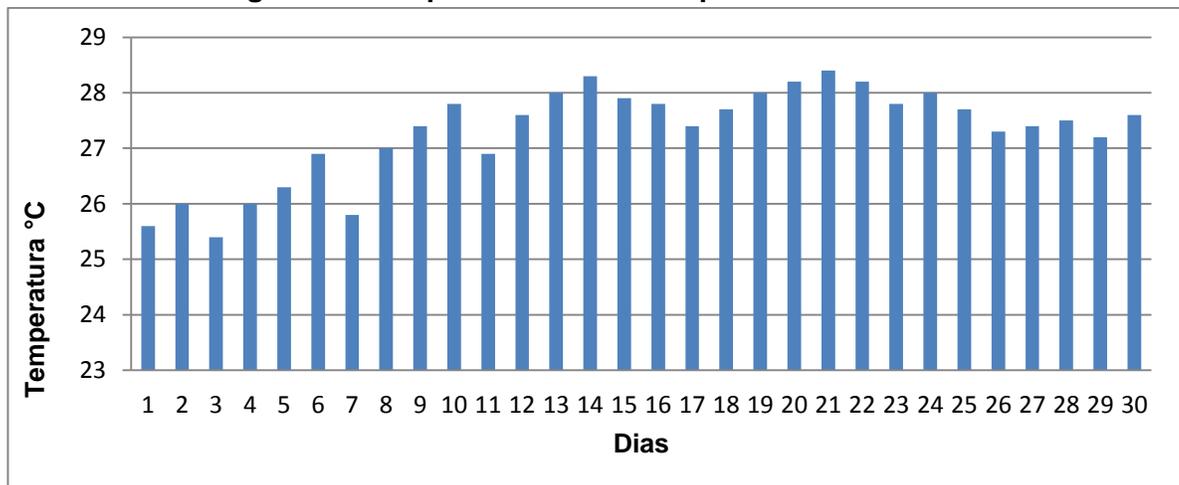
Mediante las capacitaciones y entrenamientos realizados, se logró fortalecer un cuerpo operativo de 10 operarios, permitiendo así que los protocolos y actividades necesarias se desarrollen de manera efectiva y oportuna, lo que se traduce en el mantenimiento de una buena calidad de agua y por ende el mejoramiento de la producción tanto en calidad como en cantidad de las larvas

6.1 PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA

6.1.1 Mejoramiento y mantenimiento de las condiciones fisicoquímicas del agua del laboratorio. Estos resultados fueron favorables a la producción, a continuación se describen y discuten cada uno de los parámetros, que estuvieron en estudio.

6.1.1.1 Temperatura. Con el sistema de calefacción se logró estandarizar el valor de la temperatura, el cual se mantuvo en un promedio de 27.3° C, con una desviación estándar de $\pm 0.8^{\circ}\text{C}$, como se puede evidenciar en la figura 18.

Figura 19. Temperatura durante el periodo de estudio.



Nota: coeficiente de variación $\pm 0,68$

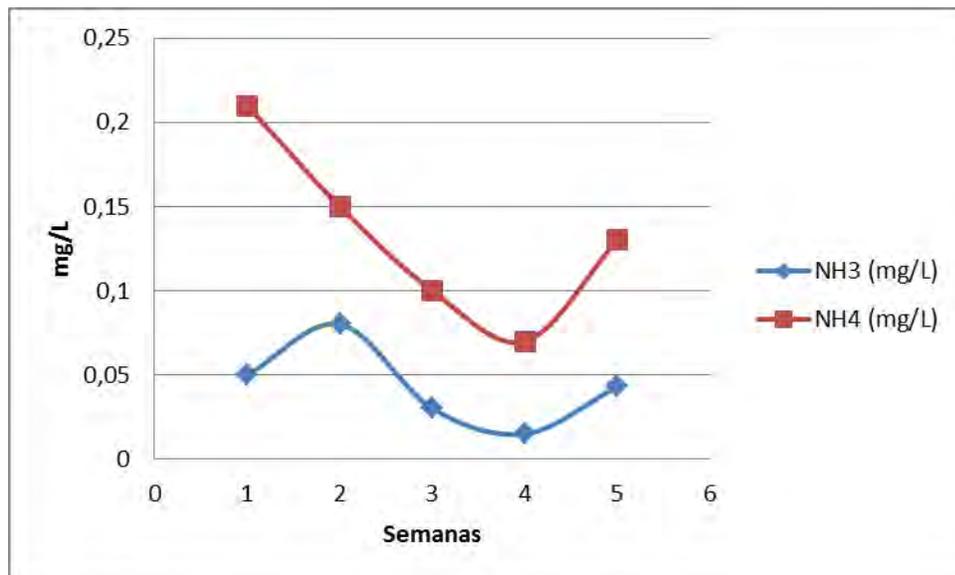
Con este sistema se logró reducir las variaciones altas de temperatura en el agua del laboratorio, esta condición reduce el estrés en los animales evitándola. Depresión del sistema inmune y reduciendo la aparición de enfermedades causadas por los agentes patógenos presentes en el agua⁶⁴

⁶⁴ FAO. Manual Básico de Sanidad Piscícola (en línea). (<http://www.fao.org/3/a-as830s.pdf>). (Citado el 8enero de 2016) 65ICOVITA.Op.Cit., p.12.

6.1.1.2 Amonio. En el transcurso del estudio se observó una reducción del amonio hasta llegar a obtener el rango adecuado para la especie (<0,5mg/L), esto debido al monitoreo permanente (una vez por semana) que permitía correcciones, como recambios de agua y coordinación con el personal para la limpieza y desinfección del sistema de filtración mecánica del laboratorio.

El ajuste y control de este parámetro fue de gran importancia para la investigación para lograr las metas en la supervivencia de las larvas (tabla8), ya que se sabe que la concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de sales , produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y supervivencia.⁶⁵

Figura 20. Comportamiento del amonio



6.1.3 Dureza y alcalinidad. Como se puede observar en el grafico 19, la alcalinidad fue aumentando con forme a la adición de sal marina al agua del laboratorio una vez por semana, hasta que llegara 7 ppt. De la misma manera se observa un incremento de la dureza cálcica (mg/l CaCO₃ Ca) y dureza magnésica (mg/l CaCO₃ Mg), esto debido a que la sal marina contiene además de cloruro de sodio (NaCl), elementos secundarios como, magnesio, potasio y calcio (en cantidades mucho menores al cloro y sodio).⁶⁶

⁶⁵ Ibíd.

Según Chávez⁶⁷: Los minerales como el calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), son parte muy importante en los organismos acuáticos, debido a que son constituyentes esenciales de las estructuras esqueléticas, tales como huesos y dientes; juegan un papel clave en el mantenimiento de la presión osmótica y consecuentemente, regulan el intercambio de agua y solutos dentro del cuerpo animal; sirven como constituyentes estructurales de tejidos blandos; son esenciales para la transmisión de los impulsos nerviosos y para las contracciones musculares; son vitales en el equilibrio ácido-base corporal y consecuentemente regulan el pH de la sangre y otros fluidos corporales, finalmente sirven como constituyentes esenciales de muchos cofactores en el metabolismo, catálisis, o como activadores enzimáticos.

Con el manejo de la salinidad en el agua, se pudo verificar de manera directa el aporte de iones esenciales para el bienestar de la biota acuática, generando una propuesta innovadora para ejercer control de la calidad del agua para la explotación acuícola.

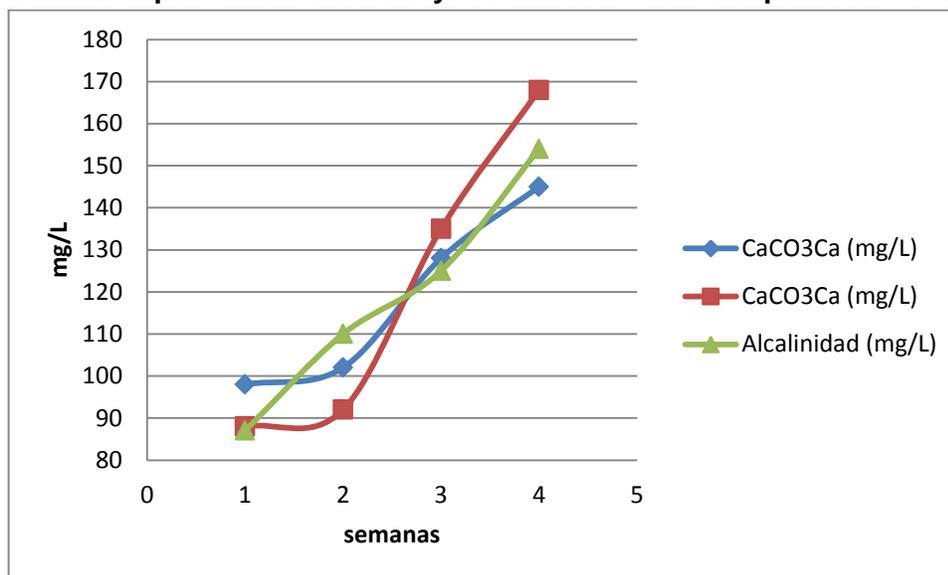
Además, de acuerdo con Williams y Eddy, 1986 y Tomasso, 1994 citado por Urbinati⁶⁸ la adición de sal en el agua ha presentado resultados interesantes en la reducción de los efectos negativos causados por los nitritos. El ion cloro compite con el nitrito por el mismo sistema de entrada en el epitelio branquial, disminuyendo el paso de nitrito y, con esto, evitando altas concentraciones de éste elemento en la corriente sanguínea del pez, aun cuando existan elevadas cantidades de nitrito.

⁶⁶ GUAJIRA 2012. La sal. [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: <http://guajira12.weebly.com/extraccioacuten-de-sal.html> [Citado el 16 de octubre de 2014].

⁶⁷ CHÁVEZ R. J. Biólogo MSC. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009 p. 10.

⁶⁸ URBINATI, Elisabeth y FALANGE, Paulo. Práticas de manejo de estresse dos peixes em piscicultura. EN: Tópicos Especias em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva. Sociedade brasileira de aquicultura e biología aquatica. 2004. p.176.

Figura 21. Comportamiento dureza y alcalinidad durante el periodo de estudio.

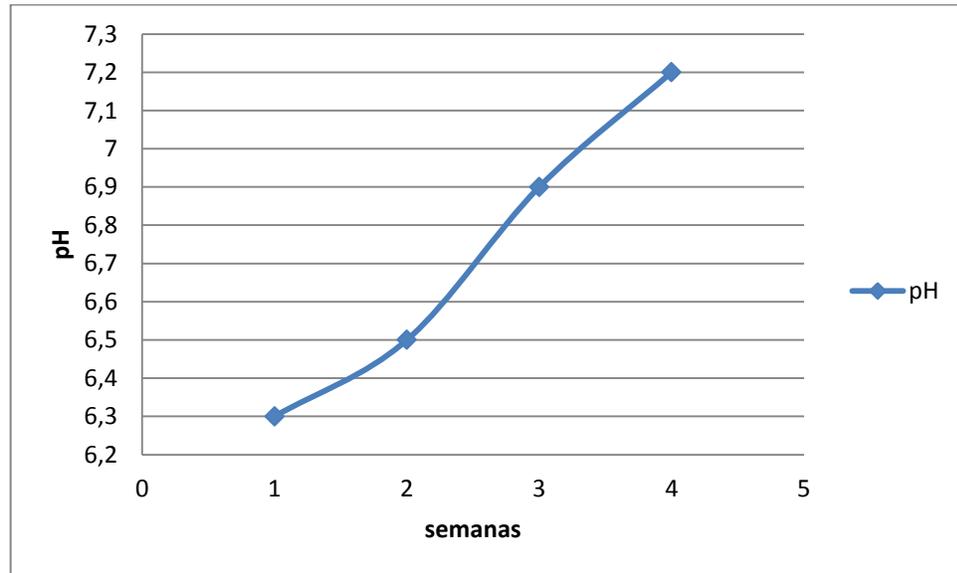


6.1.4 pH. Se puede observar en la figura 20 que aumento el valor de pH en las semanas de estudio, debido a la adición de sal marina que contiene iones de Ca, Mg, así como también algunos carbonatos que contribuyen a que el agua se alcalinice en una mayor proporción.

Los rangos reportados en el ensayo se encuentran dentro de los niveles aceptables para el cultivo de peces ya que valores por encima o por debajo, de 6.5 a 9.0, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y la reproducción. Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel.⁶⁹

⁶⁹ CHÁVEZ R. J. Biólogo MSC. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009 p. 47.

Figura 22. Comportamiento de pH durante el periodo de estudio.



6.2 CONTROL SANITARIO.

Las capacitaciones realizadas permitieron implementar un protocolo de control sanitario dentro del laboratorio, esto permite tomar decisiones en el momento oportuno para evitar, los brotes de enfermedades producidas por agentes patógenos. Dicho protocolo se presenta a continuación en el cuadro 1.

FACTOR	EFFECTOS	MEDIDAS DE CONTROL	ESTÁNDAR
Densidad de siembra excesiva	Estrés Canibalismo Baja calidad del agua	Reducir la densidad de siembra	70.000 huevos/incubadora
Baja calidad del agua Agua de la represa (A) Agua de tanques e incubadoras (B)	Mortalidades Deformidades	Mejorar la calidad del agua por filtración, cloración y/o esterilización (A) Incrementar la tasa de renovación del agua (B)	Filtro < 5 µm Carbón activado Cloración (10 ppm) seguida de neutralización 20-100% renovación de agua por día
Períodos largos de siembra	Incremento de las tasas de infección en las últimas larvas sembradas	Limitar el número de días de siembra en laboratorio	3-4 días por unidad
Dieta pobre (Calidad y/o frecuencia)	Canibalismo Desnutrición Fouling epibionte Baja calidad del agua	Programa de alimentación apropiado Chequeos frecuentes en el consumo de alimento y la calidad del agua	Alimentar cada 2 ó 4 horas hasta la saciedad con dietas de alta calidad
Disparidad de tallas	Competencia por alimento en postlarvas	Clasificación de huevos según estadio	Grupo huevos 1 (entre blanco y amarillo) Grupo huevos 2 ó embrionados (color marrón)
Parasitos externos de los huevos con origen en los estanques de reproducción	Mortalidades	Baño profiláctico por 5 minutos	Uso de peróxido de hidrógeno 1.5 c.c/L
Parasitos externos en los huevos con origen en el laboratorio de incubación	Mortalidades	Lavado Desinfección por 30 segundos	Lavado con agua fresca Baño de sal a razón de 80ppt
Deterioro de la calidad del agua de las incubadoras por restos de vitelo	Baja calidad del agua	Inspección diaria de los nacimientos de larvas	Traslado al área de absorción de vitelo
Riesgos por contaminación de utensilios del sistema de incubación y absorción del vitelo	Aparición de enfermedades	Lavado y desinfección	Lavado de utensilio con agua y jabón y desinfección con peróxido de hidrógeno al 5%
Riesgos por contaminación en tanques y material filtrante	Cargas bacterianas y parasitarias	Lavado una vez al mes	Eliminar el material orgánico Desinfección con peróxido de hidrógeno al 5%
Riesgos por contaminación del filtro biológico	Contaminación	Lavado una vez por semestre porque se debe conservar el lecho bacteriana nitrificante	Lavado con agua fresca
Efectos adversos de condiciones de calidad de agua deficientes	Bajo crecimiento Bajas tasas de eclosión Riesgo por metabolitos en el agua Suceptibilidad a enfermedades	Correctivos: Alcalinidad: Cal dolomita ó bicarbonato Minerales: Cloruro de magnesio ó cloruro de potasio Amonio: Melaza relación C:N; 5C a 1N	Alcalinidad: de 80 y 120 mg/L CaCo3 Amonio: < 0.25 mg/L Ca: 20 mg/L Mg: 40 mg/L K: 15 mg/L

6.3 SUPERVIVENCIA

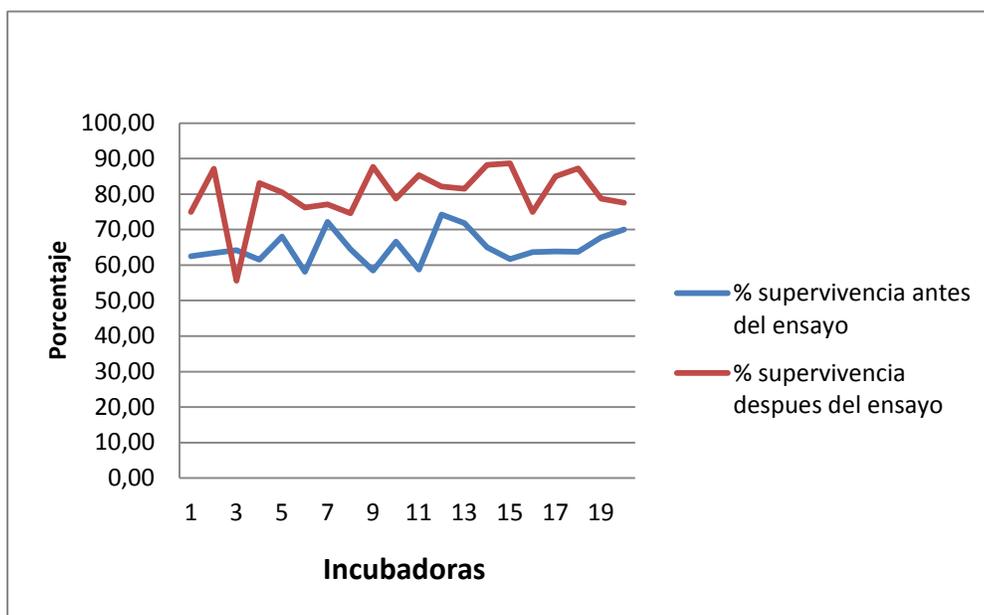
Teniendo en cuenta la supervivencia de larvas registrada en el laboratorio antes de realizar el presente ensayo y la supervivencia obtenida después del ensayo se evidencia un incremento de 15,25%, alcanzando un promedio de 80,25% (tabla 11), es decir 241.100 larvas adicionales que pueden ser sembradas en los estanques de alevinaje. Esto es ventajoso para la empresa ya que se asume la supervivencia promedio en esta fase

(80%) se obtiene 192.880 alevinos adicionales, lo cual representa un ingreso adicional de \$13.501.600 con un precio de venta de \$70 por alevino.

Tabla 5. Comparación de la supervivencia en el laboratorio de incubación.

INC	N° ovas por incubadora	N° larvas obtenidas	% supervivencia	N° ovas por incubadora	N° larvas obtenidas	% supervivencia
1	80.000	50.000	62,50	60.000	45.000	75,00
2	41.000	26.000	63,41	90.000	78.400	87,11
3	67.000	43.000	64,18	45.000	25.000	55,56
4	65.000	40.000	61,54	65.000	54.000	83,08
5	72.000	49.000	68,06	72.000	58.000	80,56
6	65.400	38.000	58,10	63.000	48.000	76,19
7	90.000	65.000	72,22	45.800	35.300	77,07
8	45.000	29.000	64,44	67.000	50.000	74,63
9	65.000	38.000	58,46	73.000	64.000	87,67
10	72.000	48.000	66,67	80.000	63.000	78,75
11	63.000	37.000	58,73	41.000	35.000	85,37
12	45.800	34.000	74,24	67.000	55.000	82,09
13	65.400	47.000	71,87	65.000	53.000	81,54
14	60.000	39.000	65,00	72.000	63.500	88,19
15	60.000	37.000	61,67	65.400	58.000	88,69
16	55.000	35.000	63,64	60.000	45.000	75,00
17	47.000	30.000	63,83	60.000	51.000	85,00
18	58.000	37.000	63,79	55.000	48.000	87,27
19	40.000	27.100	67,75	47.000	37.000	78,72
20	30.000	21.000	70,00	58.000	45.000	77,59
	1.186.600	770.100		1.251.200	1.011.200	
	Promedio		65,00	Promedio		80,25
	Desviación estándar		4.5	Desviación estándar		7.4

Figura 23. Supervivencia obtenida antes del ensayo y después de ensayo.



6.4 ANALISIS PARCIAL DE COSTOS

Para determinar la relación beneficio costo, se tuvieron en cuenta los costos de: ovas, mano de obra, energía eléctrica, gas, insumos (sal marina). Los porcentajes del costo de producción mediante la implementación del sistema de calefacción y salinidad frente al sistema sin calefacción, no son muy altos, por esta razón se convierte en una gran alternativa, que se hace más interesante a medida que la producción de larvas es más elevada.

En la tabla 12 y 13 se describen los costos de producción de larvas en el laboratorio de recirculación antes y después del ensayo respectivamente; se puede observar que existen diferencias en cuanto al costo de la larva antes del ensayo, representando en este un costo de \$ 6.95, frente al costo obtenido después del ensayo, el cual representa un costo de \$ 5.63, lo que significa que antes del ensayo producir una larva significa un incremento de un 19.02%, esto debido a las altas mortalidades reportadas.

La mejor relación beneficio costo se obtuvo después del ensayo, en donde se empleo el calefactor y el control sanitario mediante la inclusión de sal marina, el cual reporto un valor de 2.7 frente a un 2.2 reportado en los resultados antes del ensayo donde no se empleo el calefactor ni se le dio mayor importancia al control sanitario dentro del laboratorio de incubación, esto nos permite constatar que los ingresos por unidad de larva producida es mayor con la implementación del calentador y el control sanitario. Resultado que es muy positivo para empresa ya que aumenta la oferta de alevinos al mercado al tiempo que incrementa sus ingresos por producción utilizando las mismas instalaciones y el mismo cuerpo operativo.

Tabla 6. Costo por larva producida antes del ensayo.

	Costo Unitario	Unidades empleadas	Costo Total	Larvas Obtenidas	Costo /larva
ova	\$4,01	1196000	\$4.761.489		
mano de obra	\$22.000	4	88.000	770100	\$6,95
energía	\$500.000	Global	500.000		
			5349489		

Tabla13. Costo por larva producida después del ensayo.

	Costo unitario	unidades empleadas	Costo total\$	Larvas Obtenidas	Costo/larva
Ova	\$ 4,01	1.251.200	\$ 5.020.710		
Sal marina	\$ 10.000	5	\$ 50.000		
Energía	\$ 500.000	global	\$ 500.000	1.011.200	\$ 5,63
Mano de obra	\$ 22.000	4	\$ 88.000		
Gas propano/día	\$ 7.333	4	\$ 29.333		
			\$ 5.688.044		

Tabla 7. Calculo beneficio costo en cada uno de los ensayos

ENSAYO	COSTO	LARVAS	PRECIO VENTA	COSTO UNITARIO	INGRESO	INGRESO	BENEFICIO
	TOTAL \$	EMPLEADAS	\$	LARVAS \$	BRUTO \$	NETO \$	COSTO
ANTES	5.349.489,0	770.100,0	15,0	7,0	11.551.500,0	6.202.011,0	2,2
DESPUES	5.688.044,0	1.011.200,0	15,0	5,6	15.168.000,0	9.479.956,0	2,7

6.5 DÍAS DE ECLOSIÓN

En la tabla 15, se puede constatar que el número de días empleados en la incubación de las ovas es en promedio de cuatro días, esto se debe principalmente a la estabilidad en los valores adecuados de la temperatura del agua ($28 \pm 0.8^\circ\text{C}$) para el cultivo de tilapia⁷⁰.

⁷⁰ NICOVITA. Manual de crianza Tilapia. Nicovita, Tilapia. p.48. Disponible en internet, URL: Disponible en internet, URL: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf> [Citado el 14 de octubre de 2014].

Tabla 8. Tiempo de eclosión.

Inc.	N° ovas /incubadora	N° larvas obtenidas	N° días incubación
1	60.000	45.000	5,5
2	90.000	78.400	4
3	45.000	25.000	4
4	65.000	54.000	4
5	72.000	58.000	5
6	63.000	48.000	5,5
7	45.800	35.300	4,5
8	67.000	50.000	5
9	73.000	64.000	4,5
10	80.000	63.000	4
11	41.000	35.000	5
12	67.000	55.000	5
13	65.000	53.000	5
14	72.000	63.500	4,5
15	65.400	58.000	4,5
16	60.000	45.000	5
17	60.000	51.000	4,5
18	55.000	48.000	4,5
19	47.000	37.000	4
20	58.000	45.000	4
promedio			4,60

7. CONCLUSIONES

Se logró fortalecer el manejo y la producción dentro del laboratorio de incubación, producto de la socialización de los protocolos de mejora e innovación y capacitación realizada al personal encargado.

Se incrementó la supervivencia de larvas en un 15,25%, es decir 241.100 larvas adicionales que son sembradas en los estanques de alevinaje donde se obtuvo 192.880 alevinos adicionales (supervivencia en esta fase 80%), lo cual representa un ingreso adicional de \$13.501.600 con un precio de venta de \$70 por alevino.

Se mejoró las condiciones fisicoquímicas del agua, se incrementaron los niveles de minerales en el agua mediante la aplicación de sal marina, con lo cual se mantuvieron estables los niveles de dureza en calcio, (118 mg/l), dureza en magnesio (120 mg/l), alcalinidad (119 mg/l) y pH (6,5), esto permite un adecuado desarrollo y mantenimiento de la sanidad de las larvas producidas en el laboratorio de recirculación.

El incremento y estabilidad de parámetros como temperatura del agua; permitió un adecuado desarrollo para el proceso de incubación y eclosión, resultando en un menor tiempo de eclosión en las ovas fecundadas (4,5 días), lo que redujo el riesgo de posibles patologías en las larvas del sistema.

8. RECOMENDACIONES

Continuar con las capacitaciones de forma permanente a los empleados de la estación Fish Flow con el fin de tecnificar el manejo por completo.

Manejar los protocolos estandarizados en este estudio de manera permanente para así lograr un manejo adecuado de las diferentes zonas de producción donde estos se lleven a cabo.

Tener en cuenta los resultados en la toma de parámetros para así poder realizar un tratamiento pertinente en caso de ser necesario.

Efectuar la toma de parámetros de manera continua para evidenciar en el sistema de recirculación en qué momento se puede presentar un funcionamiento que no sea el adecuado, tomando así las medidas pertinentes y lograr el éxito en la producción de larvas.

BIBLIOGRAFÍA

ABDO, M, et al. Efecto de la temperatura y la salinidad del agua en la incubación de huevos de botete diana *Sphaeroides annulatus*. En: Revista de biología marina y oceanografía. Vol. 47. No. 1. Abril, 2012.

AQUANOVEL. Atlas de peces. De agua dulce. Ciclidos (Cichlidae). [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: http://aquanovel.com/web_antigua/ciclidos.htm [Citado el 16 de noviembre de 2014].

BENAVIDES, JORGE y ORTEGA, MARÍA. Evaluación de la Gonadotropina Coriónica Humana (HCG) y el extracto pituitario de Carpa (EPC) en la reproducción inducida del capitán *Eremophilus mutisii* (HUMBOLDT, 1805) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias. 2005.

BOCEK, Alex. Introducción al cultivo de la tilapia. Alabama: Aquatic 2006. CANTOR, F. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. México, 2007.

CASTILLO, L. Tilapia roja. Una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. 2001.

CENAIM. Cultivo de Peces Marinos. Proyecto: Cultivo Integrado de Huayaípe (*Seriola rivoliana*): Producción de Semilla y Larvicultura en Laboratorio y Engorde en Sistemas de Maricultura (Jaulas Flotantes). 2003. Disponible en internet, URL: <http://www.cenaim.espol.edu.ec/node/95> (Citado el 22 de octubre de 2014).

CHÁVEZ R. J. Biólogo MSC. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009.

CORAL, Iván. Reproducción y comercialización de tilapia roja *Oreochromis sp.* San Juan de Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. 2005, p.15.

DAZA, V. LANDINES, M. y SANABRIA, A. Reproducción de peces en el trópico. Bogotá, Colombia: INPA, 2001.

EL ACUARISTA. Gusanos Parásitos. *Gyrodactylus* y *Dactylogyrus*. [En línea]. Disponible en internet, URL: <http://www.elacuarista.com/secciones/gyrodact.htm>. [Citado el 13 de Noviembre de 2014].

ESPEJO, C y TORRES, E. Fundamentos de Acuicultura Continental. Bogotá, Colombia: INPA, 2001.

MARTÍNEZ, L. et al. Análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos en las aguas costeras de la región de Murcia. Universidad Politécnica de Cartagena. Grupo de Investigación Ecosistemas. En: Revista de investigación EUITC. III Jornadas de introducción a la investigación de la UPCT. Cartagena, Colombia, 2010.

NICOVITA. Manual de crianza Tilapia. Nicovita, Tilapia. pp.48. Disponible en internet, URL: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf> [Citado el 14 de octubre de 2014].

ORTEGA, L. RODRÍGUEZ, C. Evaluación comparativa del efecto del extracto pituitario de carpa gonadotropina coriónica humana en la reproducción inducida del bagre del Patía (*Rhamdia quelen*) en condiciones de cautiverio. Trabajo de grado (Ingeniero en Producción Acuícola). San Juan de Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Pecuarias 2004.

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS. La salinidad. [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf> [Citado el 21 de octubre de 2014].

PRIETO, C y OLIVEM, M. Incubación artificial de huevos embrionados de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2002, Vol. 5, No.1.

RAMÍREZ, R. Memorias V seminario internacional de acuicultura. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional, 2005.

RODRÍGUEZ, E. Comparación de parámetros reproductivos en hembras de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de alto y bajo valor genético. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Facultad de Ciencias Pecuarias. Zootecnia. Bogotá, 2012.

SECRETARIA DE AGRICULTURA. Tilapia (*Oreochromis sp.*). Ganadería, Pesca y Alimentos. Misiones, Argentina. 2007.

SURESH, V. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. En: Revista AquaTic, No. 10, Estados Unidos. Junio, 2000. [Disponible en internet]. URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=87>. [Citado el 16 de noviembre de 2014].

TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA. Piscicultura amazónica. Lima, Perú: Secretaría Pro Tempore, agosto 2002. [Citado 21 octubre, 2014].

Universidad de los Llanos, Tilapia roja, Finca la Esperanza. Disponible en internet. URL. (http://tilapiarojalaesperanza.blogspot.com/2009/11/blog-post_5572.html). [Citado el 24 de Octubre de 2014].

WOYNAROVICH, E. y HORVÁTH, L. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Brasil: FAO, Junio 1981. Disponible en internet: URL: <http://www.fao.org/DOCREP/005/AC908S/AC908S00.HTM>. [Citado 24 octubre, 2014].

WOYNAROVICH, E. Reproducción artificial de las especies Colossoma y Piaractus. Lima, Perú: FONDEPES. 1998.

ANEXOS

Anexo A. Plano de áreas productivas empresa Fish Flow



Anexo B. Plan de actividades para el alcance de las metas propuestas		
METAS	ACTIVIDADES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Fortalecimiento del conocimiento técnico para la producción de larvas.	Capacitación del personal encargado del área del laboratorio de incubación, mediante charlas descriptivas y demostrativas para el adecuado manejo del sistema de recirculación, y toma de muestras de agua para el análisis con los equipos correspondientes.	Dos operarios capacitados en el manejo y operación del sistema de recirculación, tomando listas de asistencia y realizando exámenes de prueba, los cuales serán aportados como soporte para evaluar el grado de aprendizaje adquirido
	Se implementará un protocolo para la recolección semanal de muestras de agua, tomadas directamente de las unidades de incubación y en la cámara de bombas del sistema de filtración del laboratorio, realizando el análisis de parámetros como amonio, alcalinidad, dureza en calcio, dureza en magnesio y pH.	Impresión de protocolo
	Se realizará la conformación de un adecuado sistema de registro para el seguimiento de la evolución de parámetros de calidad del agua como salinidad, temperatura, dureza en Calcio, dureza en Magnesio, alcalinidad, y pH.	Formatos impresos de control semanal de la calidad del agua del laboratorio
Reducir el ciclo de eclosión de ovas, incrementando la supervivencia en 15%.	Se realizará la instalación de un sistema de calefacción eficiente a gas propano, manteniendo el agua a una temperatura de 27°C con una variación de $\pm 1^\circ\text{C}$. Vinatea ⁷¹ menciona que la temperatura es uno de los parámetros físicos que más influencia en el desarrollo de los huevos y las larvas de los peces, generalmente a bajas temperaturas retardan el desarrollo y a altas lo aceleran.	Ciclos de incubación de cuatro días. (registros de siembras de ovas y larvas)
Mantener una temperatura estable (27 \pm 1°C)		Registro constante de temperatura del agua.

⁷¹ VINATEA., 1998., Op. Cit. p. 17

<p>Controlar la aparición de patógenos en la epidermis de las larvas</p>	<p>Se realizará la adición de sal marina al agua del laboratorio adquiriendo una salinidad constante a razón de 7 ppm, con el fin de controlar la aparición de patógenos externos en larvas como <i>Trichodina sp</i> y <i>Girodactilus sp</i>, mejorando</p>	<p>Disminución de larvas con parásitos externos</p>
<p>Incrementar niveles de parámetros como dureza y alcalinidad en el agua del sistema.</p>	<p>además las condiciones de calidad de agua en el sistema, dado que al manejar una salinidad constante en el laboratorio se aportan también minerales esenciales como iones de Na, Ca, Mg y K, ya que según lo descrito por Chávez R⁷² son indispensables para diferentes procesos biológicos intracelulares llevados a cabo en los animales.</p>	<p>Registros semanales de parámetros fisicoquímicos de agua del laboratorio</p>

⁷²CHÁVEZ R. J., 2009., Op. Cit. pp.23.

Anexo C. Datos registrados en el estudio

Día	N° de ovas	N° de larvas	Mortalidad	Supervivencia	Días de eclosión	T°C
1	85000	63000	34,92	65,08	5	25,6
2	78750	60000	31,25	68,75	5,8	26
3	73750	58000	27,16	72,84	5,7	25,4
4	127500	100000	27,50	72,50	5,4	26
5	117500	95000	23,68	76,32	5,8	26,3
6	112500	92000	22,28	77,72	5,9	26,9
7	110625	91000	21,57	78,43	5,1	25,8
8	207500	180000	15,28	84,72	5	27
9	197500	170000	16,18	83,82	5,8	27,4
10	135000	120000	12,50	87,50	5,2	27,8
11	81875	70000	16,96	83,04	5	26,9
12	96250	79887,5	20,48	79,52	4,1	27,6
13	80000	68000	17,65	82,35	4,7	28
14	193750	160812,5	20,48	79,52	4,2	28,3
15	181000	157470	14,94	85,06	4	27,9
16	347500	295375	17,65	82,35	4,2	27,8
17	212500	180625	17,65	82,35	4,5	27,4
18	120000	104400	14,94	85,06	4	27,7
19	110000	91300	20,48	79,52	4	28
20	175000	150500	16,28	83,72	4	28,2
21	180625	149918,75	20,48	79,52	4	28,4
22	146250	127237,5	14,94	85,06	4	28,2
23	162500	136500	19,05	80,95	4,1	27,8
24	120000	99600	20,48	79,52	4,1	28
25	135000	112050	20,48	79,52	4,2	27,7
26	103750	86112,5	20,48	79,52	4,3	27,3
27	200000	174000	14,94	85,06	4	27,4
28	156250	129687,5	20,48	79,52	4	27,5
29	172500	150075	14,94	85,06	4	27,2
30	190625	163937,5	16,28	83,72	4	27,6
	4411000	3716488,75	19,75	80,25	4,60	27,30
	Total		Promedio			