

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA DE  
TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) EN JAULAS FLOTANTES DURANTE LA  
ETAPA INICIAL EN EL EMBALSE DE LA SALVAJINA, DEPARTAMENTO DEL  
CAUCA**

**JHON JAIRO MUESES REYES  
ROBINSON ALEXANDER OSPITIA THOLA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2010**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA DE  
TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*) EN JAULAS FLOTANTES DURANTE LA  
ETAPA INICIAL EN EL EMBALSE DE LA SALVAJINA, DEPARTAMENTO DEL  
CAUCA**

**JHON JAIRO MUESES REYES  
ROBINSON ALEXANDER OSPITIA THOLA**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar el título de  
Ingenieros Agropecuarios**

**Director  
Esp. GUILLERMO SOTELO F.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2010**

## **NOTA DE ACEPTACIÓN**

El Director y los Jurados han leído el presente documento, han escuchado la sustentación del mismo por sus autores, y lo encuentran satisfactorio.

---

Esp. GUILLERMO SOTELO F.  
Director

---

Mg. SANDRA MORALES VELASCO  
Presidente del Jurado

---

Esp. JOSÉ LUIS HOYOS  
Jurado

Popayán, 17 de noviembre de 2010

## DEDICATORIA

Son muchas las personas que debería nombrar en estas líneas, pero me quedaré con las más trascendentales, con aquellas que no han bajado la guardia y siempre me han apoyado, tanto a lo largo de mi carrera como de mi vida.

Primero a Dios, por estar siempre presente en mi vida, por ser mi Guía, mi Proveedor, mi Fin Último; sabe lo esencial que ha sido en mi posición firme de alcanzar esta meta, esta alegría, y sé que de su mano podré alcanzar otras que espero sean para Su Gloria.

A mi madre, Beatriz Thola. A aquella incansable mujer que desde que era pequeño me ha guiado y acompañado en los momentos en que más le he necesitado. Por su apoyo, por su incondicionalidad de madre y principalmente por su amor que no espera nada a cambio.

A mis hermanos, no puedo sino darles las gracias por el inmenso amor que siento de su parte. Rafael Enrique, Marlio Fabián, Beatriz Eugenia, todos los días le doy gracias a Dios por haberlos traído a mi vida, y a mi padre Rafael Ospitia, aunque hoy no esté de cuerpo presente para compartir este triunfo, que en gran parte se lo debo a él. Donde esté, gracias.

No puedo dejar de nombrar a la mujer que llegó a alegrarme la vida y que ha sido mi pilar en esta última etapa. Gracias por ser mi compañera, mi amiga, mi confidente, gracias por el apoyo constante y los consejos que siempre tuviste en los momentos difíciles. Gracias mi querida Yuberica Mora por estar conmigo... Tú abriste nuevamente mi alma y dejaste salir lo mejor de mí.

A mi hija Luisa María, que siempre alegra mis días con su sonrisa, eres la luz de mis ojos

Robinson

## **DEDICATORIA**

A mis padres Nelson Mueses y Carmen Reyes, por la oportunidad de una educación, llena de amor y comprensión, por enseñarme a ser mejor persona cada día, por su constante apoyo y amor verdadero.

A mis hermanos Elsy, Nelson, Marcela y Alejo, que siempre han jugado un papel importante en mi vida, ofrecerles inmensa gratitud por su acompañamiento en los malos y buenos momentos.

A Eli, por enseñarme a luchar por lo que quiero.

Jhon Jairo

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan sinceros agradecimientos a Dios, fortaleza y guía en nuestros caminos, porque con su consentimiento logramos culminar con éxito este peldaño de la vida.

Igualmente a nuestras familias, el apoyo incondicional que hemos recibido con tan solo esperar que salgamos adelante como mejores personas.

A nuestro director de trabajo de grado, Guillermo Sotelo F. por brindarnos la oportunidad, la paciencia y el acompañamiento en la investigación.

A la estación piscícola ASPROINCA, por permitirnos formar parte de una gran empresa piscícola a través de la presente investigación.

También un reconocimiento, a la importante sugerencia prestada por parte de los jurados evaluadores: Sandra Morales y José Luis Hoyos; y demás personas que hicieron posible la ejecución y clausura de la investigación.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. MARCO TEÓRICO	15
1.1 ANTECEDENTES PROYECTO SALVAJINA	16
1.2 GENERALIDADES DE LA TILAPIA	17
1.3 TILAPIA ROJA	19
1.3.1 Taxonomía	20
1.3.2 Morfología	20
1.4 SISTEMAS DE CULTIVO EN TILAPIA ROJA	20
1.4.1 Producción en estanques de tierra	21
1.4.2 Producción en canales de cemento	21
1.4.3 Producción en jaulas flotantes	21
1.5 ETAPAS DEL CULTIVO DE TILAPIA	23
1.5.1 Prelevante o Iniciación	23
1.5.2 Levante	24
1.5.3 Ceba	24
1.6 CALIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA	24
1.6.1 Temperatura	25
1.6.2 Grado de acidez del agua	25
1.6.3 Oxígeno disuelto	25

	pág.
1.6.4 Alcalinidad	25
1.6.5 Dureza	25
1.6.6 Amonio	25
1.6.7 Sólidos disueltos en suspensión	26
1.6.8 Dióxido de carbono	26
1.7 ANTECEDENTES DEL CULTIVO EN JAULAS	26
2. METODOLOGÍA	28
2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	28
2.2 ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO	28
2.2.1 Diseño estadístico	29
2.2.2 Jaulas	29
2.2.3 Análisis de la calidad de agua	30
2.2.4 Material biológico	30
2.2.5 Siembra de alevines	30
2.2.6 Plan de alimentación	32
2.3 VARIABLES MEDIDAS	32
2.3.1 Procedimiento para los muestreos	33
2.3.2 Análisis estadístico	35
2.3.3 Análisis económico	35
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36



	pág.
3.1 CALIDAD DE AGUA	36
3.2 CONTRASTE EN LAS DENSIDADES EVALUADAS	37
3.2.1 Crecimiento de los peces	37
3.2.2 Ganancia de peso	38
3.2.3 Supervivencia	39
3.2.4 Biomasa neta	40
3.2.5 Conversión alimenticia	40
3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO	41
4. CONCLUSIONES	42
5. RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44
ANEXOS	48

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Represa “La Salvajina”	16
Figura 2. Especies representativas de tilapia	18
Figura 3. Tilapia roja	19
Figura 4. Cultivo intensivo de tilapia en estanques de tierra	21
Figura 5. Cultivo intensivo de tilapia en canales de cemento	21
Figura 6. Jaulas y jaulones para cultivo superintensivo de tilapia roja (Betania, Huila)	22
Figura 7. Estación Piscícola ASPROINCA, en el embalse de la Salvajina	28
Figura 8. Jaulas flotantes de la granja piscícola ASPROINCA	29
Figura 9. Biopelícula (Lama) presente en las mallas de las jaulas	30
Figura 10. Distribución de tratamientos en la estación piscícola	31
Figura 11. Conteo de alevines por jaula	32
Figura 12. Pasos para realizar un muestreo: paso a	33
Figura 13. Pasos para realizar un muestreo: paso b	33
Figura 14. Pasos para realizar un muestreo: paso c	34
Figura 15. Pasos para realizar un muestreo: paso d	34
Figura 16. Pasos para realizar un muestreo: paso e	35
Figura 17. Crecimiento de los peces en los tratamientos evaluados	37

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Taxonomía tilapia roja	20
Tabla 2. Densidades de siembra usuales en cultivos de tilapia roja en jaulas flotantes	27
Tabla 3. Resumen de la densidad de siembra por tratamiento	31
Tabla 4. Calidad del agua registrada en la estación piscícola ASPROINCA	36
Tabla 5. Parámetros de producción de tilapia en jaulas flotantes durante la etapa inicial, con los tratamientos evaluados	38

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Calidad del agua registrada en la estación piscícola ASPROINCA, con los principales parámetros	48
Anexo B. Cantidad de alimento para el tratamiento 1 durante la etapa inicial	49
Anexo C. Cantidad de alimento para el tratamiento 2 durante la etapa inicial	50
Anexo D. Cantidad de alimento para el tratamiento 3 durante la etapa inicial	51
Anexo E. Datos recolectados en los muestreos	52
Anexo F. Contraste entre el Crecimiento vs. Densidades evaluadas	54
Anexo G. Significancia entre las densidades evaluadas	55
Anexo H. Parámetros de producción	56
Anexo I. Presupuesto para el manejo de nueve jaulas flotantes en el cultivo de tilapia roja, etapa inicial	58
Anexo J. Parámetros ideales en la calidad de agua para el cultivo de tilapia roja	60

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de tilapia roja permite obtener muchas ventajas sobre otras especies, entre las cuales se destacan, una coloración de muy buena aceptación en el mercado, alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades y excelente textura de carne; sin embargo, requiere un manejo adecuado y una excelente nutrición para manifestar estas cualidades (Cantor, 2007). De hecho, a nivel mundial la tilapia es el segundo grupo de peces más importante para la acuicultura y el más significativo en la actividad piscícola; en Colombia, representa el 49% del total de la producción piscícola (Martínez, 2005).

Según Schmittou (2008), el cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes se ha utilizado principalmente en reservorios de agua dulce y lagos, de forma artesanal, utilizando jaulas de redes (de 98 m<sup>3</sup> o mayores), con una baja densidad (40 peces/m<sup>3</sup>), que producen bajos rendimientos (20 a 25 Kg de carne de pescado/m<sup>3</sup>) y baja eficiencia. Por otra parte, la tecnología mejorada del cultivo de peces, es la de bajo volumen con alta densidad (BVAD); esta técnica utiliza jaulas pequeñas (1 a 4 m<sup>3</sup>), con una densidad de 400 a 500 peces/m<sup>3</sup>, produciendo altos rendimientos (150 a 250 kg/m<sup>3</sup>) y alta eficiencia; lo cual se evidencia positivamente en los departamentos del Huila y Tolima, entre otros.

En el departamento del Cauca, y específicamente en la zona de influencia de la represa de La Salvajina, la pesca ocupa un lugar importante, ya que parte de sus moradores (hoy organizados en asociaciones piscícolas) han vivido de la venta de pescado. No obstante, dicha actividad se vislumbró como un potencial adicional para la represa, ya que fue construida por la Corporación Autónoma Regional del Valle –CVC- en el año de 1986, para la regulación del caudal del río Cauca y la generación de energía. Las nuevas oportunidades que ofrecía el embalse: la pesca en jaulas y las actividades turísticas y recreativas, se divisaron como la mejor opción para mejorar las condiciones socioeconómicas de la región (CREPIC, 2009).

Así pues, se adaptó la tecnología de bajo volumen y alta densidad –BVAD–, sin embargo, las técnicas del cultivo tienen escasas bases científicas, habiendo sido desarrollada principalmente bajo el método de ensayo y error, llegando a manipular densidades mayores a 500 peces por metro cúbico en la etapa inicial. Esto hizo que al finalizar dicha etapa se tuviera que aplazar la selección de peces destinados para la siguiente etapa, ya que no se alcanzaba la talla adecuada en el tiempo esperado; generando una baja eficiencia.

Por tanto, se hizo necesario establecer un mejor método de cultivo, revisando la capacidad de carga o densidad, pues es uno de los indicadores más determinantes del cultivo de especies de aguas cálidas, como la tilapia, la cachama, etc., porque es en ésta etapa, donde se gana o se pierde velocidad de crecimiento para etapas futuras. De la densidad de siembra dependen variables como la duración del ciclo productivo, la ganancia de peso promedio, la condición sanitaria del animal, la conversión alimenticia, la biomasa, y el más importante en este modelo de producción, la supervivencia. Se dice que, si se garantiza un buen peso promedio por pez al finalizar la etapa inicial, el animal gana velocidad de crecimiento para etapas futuras y por lo tanto se reduce significativamente el tiempo de cosecha. En este sentido, es muy importante tener las mejores condiciones posibles de densidad, calidad de agua, alimentación y sanidad, con el fin de expresar su máximo potencial de crecimiento y obtener en el futuro los mejores parámetros de producción.

Por consiguiente, se implementó un estudio basado en la evaluación de la eficiencia en tres densidades de siembra de tilapia roja en jaulas flotantes, siguiendo el modelo de producción actual en la zona (BVAD) en la etapa de inicio. Las densidades evaluadas en la investigación, se establecieron de acuerdo a experiencias de cultivos en jaulas flotantes con resultados positivos en cuanto a rendimiento y eficiencia, además con características aplicables a “La Salvajina”

## 1. MARCO TEÓRICO

La actividad piscícola en Colombia, abarca fundamentalmente las especies de tilapia (*Oreochromis sp.*), trucha (*Onchorynchus mykiss*) y cachama (*Colossoma sp.*), cuya participación conjunta, durante los últimos 12 años, ha sido del 96,3% del total de la piscicultura y del 65,3% de la producción acuícola. (Martínez, 2005)

La producción nacional de tilapia representa un 49% en la actividad piscícola. Así, mientras el departamento del Huila participa con un 45% de la producción, los departamentos de Tolima, Valle del Cauca, Antioquia, Santander y Meta, aportan en conjunto un 30% (Martínez, 2005). Particularmente el Huila, aporta el 70% de su producción a partir de cultivos intensivos en jaulas y se realizan en el embalse de Betania, el resto proviene de estanques en tierra (Merino, 2006).

En el departamento del Cauca, la actividad piscícola se adelanta hace aproximadamente 20 años. Procesos de organización comunitaria y estrategias de extensión rural adelantadas por diferentes instituciones a lo largo de estos años, han permitido que se haya trabajado prácticamente en todo el departamento, donde se cultivan diversas especies tanto nativas como introducidas, entre ellas se encuentran: tilapia, trucha, cachama, carpa y bocachico, como las más representativas.

Se han establecido las zonas en que esta actividad es más representativa: –1– Zona Silvia: Silvia, con influencia hacia Jambaló y Totoró, –2– Zona Salvajina: Suárez y Morales, –3– Zona meseta de Popayán: Popayán, El Tambo, Sotará, Cajibío, Timbío, Piendamó, La Sierra y Puracé. En estas zonas se encuentran asentadas alrededor de 1200 familias de productores de diferentes culturas: población mestiza, campesina, afro-descendiente e indígena (Guambianos y Paeces), sus estaciones piscícolas, cuentan con una producción promedio que no supera una tonelada mensual, siendo ésta una actividad complementaria a otras labores, implementada bajo un esquema de seguridad alimentaria con prácticas productivas artesanales que imposibilitan una competencia directa en mercados por fuera del orden local.

Las comunidades mencionadas trabajan principalmente a través de organizaciones (asociaciones, cooperativas, etc.) que son conformadas por diversas razones, entre ellas, mejoramiento de la actividad productiva, acceso a recursos, luchas políticas, entre otras (CREPIC, 2009).

## 1.1 ANTECEDENTES PROYECTO SALVAJINA

La cuenca hidrográfica del río Cauca, entre los municipios de Morales, Suárez y Buenos Aires, fue una zona de explotación de oro que comenzó en el año 1600 por esclavos africanos comandados por los españoles. Sus descendientes poblaron la región conservando sus valores e identidad cultural. Similar fue la situación con la llegada de norteamericanos, acogidos por la presidencia de la República, quienes además cobraban a la misma gente de la región por ocupar y trabajar sus propias tierras. Posteriormente en el año 1932, los norteamericanos vendieron el permiso de explotación a la familia Garcés Giraldo, y éstos en el año 1950 vendieron estas tierras al departamento del Cauca. En 1977 la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) continuó la construcción de varias obras viales, ya que tenía proyectado la construcción de la hidroeléctrica (C.V.C., 1985).

La represa de la Salvajina (Figura 1), está ubicada al sur occidente de Colombia, noroccidente del departamento del Cauca, entre los municipios de Morales, Suárez y Buenos Aires. Cuenta con un área total de 2.124 hectáreas, cubriendo una extensa zona que abarca una longitud máxima de 32 Km., anchura máxima de 1,2 Km. y profundidad media de 36,4 m, se encuentra a una altura de 1.030 m.s.n.m. presentando temperaturas que fluctúan entre 23 y 28°C, una precipitación de 1.600 a 2660 mm año, y humedad relativa entre el 73 al 80%, con coordenadas 2°50' latitud norte y 76°42' longitud oeste, además de un volumen promedio de  $370 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Recibe las aguas de los ríos Cauca, Inguitó, Dinde y Piendamó (Naundorf *et al.*, citado por CORPOCAUCA 2006).

Figura 1. Represa La Salvajina



Fuente: CREPIC, 2009



La represa fue construida por la Corporación Autónoma Regional del Valle –CVC-, para la regulación del caudal del río Cauca y así evitar las inundaciones periódicas en aproximadamente 100.000 ha de tierras planas y para la generación de energía (CORPOCAUCA, 2006).

Dadas las condiciones ambientales y calidad de agua de la represa, la cual en la actualidad se encuentra subutilizada para la actividad piscícola; el potencial de producción piscícola es amplio. En el marco del acuerdo de Cooperación Internacional suscrito entre los Gobiernos de los Estados Unidos y Colombia, la USAID, adelantó el programa ADAM (Áreas de Desarrollo Alternativo Municipal), el cual tiene entre sus objetivos el fortalecimiento de áreas de desarrollo rural en los municipios y el fortalecimiento de la institucionalidad, con miras a mejorar el nivel de vida de los productores del campo.

En la iniciativa ADAM del municipio de Morales, se estableció como prioritario el apoyo y reactivación a la actividad piscícola alrededor del potencial hídrico de la represa La Salvajina. La actividad piscícola en el embalse, ha tenido durante el tiempo épocas de grandes producciones y otras en las que las pérdidas han desmotivado a los piscicultores. Sin embargo, han sido diversas las intervenciones que diferentes organizaciones e instituciones públicas han realizado para potenciar la actividad piscícola; entre ellas se encuentran: la Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas de la Zona Occidente –ATIZO-, la Administración Municipal, la CVC, INCODER, CREPIC, EPSA, Secretaría de Agricultura del Departamento, entre otras. Este acompañamiento ha permitido realizar mejoras técnicas, en infraestructura e incipientes avances en el ámbito organizacional, debilidad que impacta directamente la dinámica productiva (CREPIC, 2009).

La Asociación de Autoridades Tradicionales Indígenas de la Zona Occidente –ATIZO-, fue autorizada por la Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P. –EPSA- para el montaje del módulo piscícola en el sitio donde se encuentran estas instalaciones (Mindalá) (CORPOCAUCA, 2006). Hoy en día existen tres asociaciones beneficiarias del proyecto instauradas desde el 2005: Asociación de Piscicultores de Mindalá –ASOPIM-, Asociación Piscícola de la Salvajina Morales –APISMO- y la Asociación de las comunidades indígenas del Cauca –ASPROINCA-, dedicadas al cultivo intensivo de tilapia roja en jaulas flotantes.

## **1.2 GENERALIDADES DE LA TILAPIA**

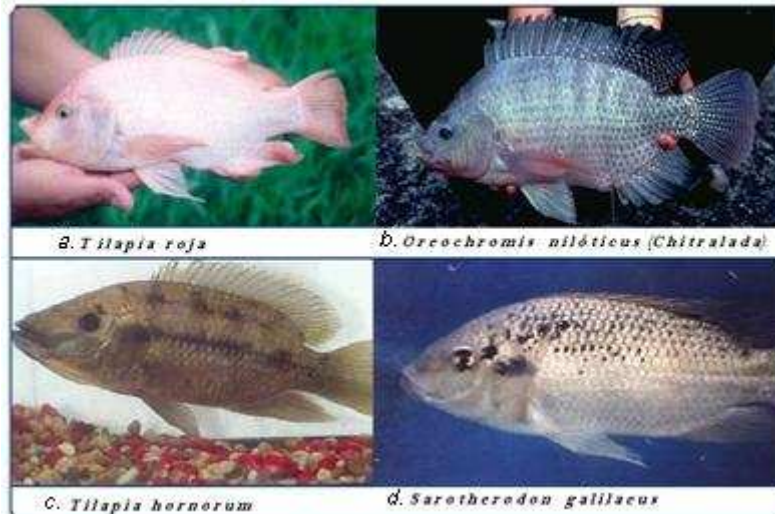
La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia *Cichlidae*. Originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del

mundo donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento (Cantor, 2007). La tilapia se adapta fácilmente a las condiciones de diversos cuerpos de aguas cálidas tropicales, tales como arroyos, ríos, lagos, lagunas, presas, estanques, estuarios e incluso hábitats marinos. Aceptan con facilidad diferentes tipos de alimento, tanto los producidos naturalmente como los alimentos artificiales (derivados de subproductos agrícolas). Son los peces exóticos de mayor éxito en la piscicultura en el ámbito mundial, apoyado esto en el avance significativo de las técnicas para el cultivo intensivo y superintensivo (Merino *et al.*, 2006).

El término “TILAPIA” fue designado por SMITH en 1840; derivado de la palabra “THLAPI” o “NGEGE” en el idioma “SWAHILI” (África), vocablo africano que significa “PEZ”. Los japoneses la llaman TELEPIA, y en muchos países en el mundo también ha sido llamada perca, *saint peter’s fish*, *breem*, *cherry snapper*, *nile perch*, *hawaiian sun fish*, *mudfish*, pargo rojo de agua dulce, mojarra (Castillo, 2008)

En la actualidad se han clasificado 77 especies de tilapia agrupadas en cuatro géneros, de acuerdo con sus hábitos reproductivos (Figura 2): *Oreochromis* (Gunther), *Tilapia* (Smith), *Sarotherodon* (Rupell) y *Danakilia* (Thys).

Figura 2. Especies representativas de tilapia



Fuente: Acuicultura Cultivo de Tilapias, (ALAMILLA, 2005). Modificada.

Del mismo modo, la Dra. Ethelvyn Trewavas en 1983, realiza una nueva clasificación basada en la dentición, adiciona dos géneros: *Tristamella* y *Pelmatochromis* (Castillo, 2008). Sin embargo, solo 10 especies se usan

comercialmente. Actualmente la piscicultura de aguas tropicales se encamina a dos especies: la tilapia roja y la tilapia chitralada o mojarra (ITALCOL, 2006).

### 1.3 TILAPIA ROJA

La tilapia roja es un híbrido proveniente de líneas mejoradas parentales del género *Oreochromis*: *O. aureus*, *O. niloticus*, *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum*. En cada línea se busca adicionarle la mejor característica de cada especie para el mejoramiento de los híbridos rojos (Castillo, 2008), estos caracteres son:

*O. mossambicus* y *O. urolepis*: coloración roja y resistencia a cualquier medio

*O. niloticus*: crecimiento y la forma corporal (fenotipo).

*O. urolepis hornorum*: obtención de híbridos solo machos.

*O. aureus*: tolerancia en aguas frías.

El cruce selectivo ha permitido la obtención de un pez cuya coloración fenotípica puede ir desde el rojo cereza hasta el albino. Por estar emparentadas entre sí, sus comportamientos reproductivos y alimenticios son similares. El desarrollo de este híbrido permitió obtener muchas ventajas sobre otras especies, como una coloración de muy buena aceptación en el mercado (Figura 3), alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades y excelente textura de carne (Cantor, 2007), sin embargo requiere una excelente nutrición para manifestar estas cualidades.

Figura 3. Tilapia roja



Fuente: QUINTERO, 2008

**1.3.1 Taxonomía.** La tilapia roja es un pez que taxonómicamente no responde a un nombre científico específico, ya que es el producto del cruce de cuatro especies, como se dijo anteriormente. No obstante, se clasifica de forma sistemática y jerarquizada como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía tilapia roja

Reino	<i>Animal</i>
Phylum	<i>Chordata</i>
Serie	<i>Pisces</i>
Clase	<i>Actinopterygii</i>
Orden	<i>Perciformes</i>
Familia	<i>Cichlidae</i>
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>Oreochromis sp.</i>

Fuente: CASTILLO, 2008

Según Castillo (2008), la atractiva coloración estimuló a los productores e investigadores a iniciar un acelerado e incontrolado programa de hibridación que permitió la obtención de nuevas líneas de tilapia roja; entre las más populares introducidas a Colombia, se encuentran: Red Singapur, Red Florida, Red Manzana, O. niloticus (Egiptia), Roja Red Yumbo, Golden tilapia, Nilótica perla, Red Taiwanesa y Filipina.

**1.3.2 Morfología.** El cuerpo es generalmente comprimido y discoidal, raramente alargado. La boca es protáctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Para su locomoción poseen aletas pares e impares. Las aletas pares las constituyen las pectorales y las ventrales; las impares están constituidas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. Sus aletas dorsales se disponen en forma de cresta. La aleta caudal es redonda, trunca y raramente cortada; como en todos los peces, esta aleta le sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación y al lanzarse en el agua (Saavedra, 2006).

## 1.4 SISTEMAS DE CULTIVO EN TILAPIA ROJA

Existen tres sistemas de producción utilizados en el cultivo de tilapia y pueden ser, en estanques de tierra, en canales de cemento y en jaulas flotantes (Merino *et al.*, 2006). El tipo de piscicultura que se quiera implementar dependerá de las condiciones ambientales, de la tecnología aplicada y del manejo dado por el hombre.

**1.4.1 Producción en estanques de tierra.** Llevada a cabo en estanques de 300 a 2000 m<sup>2</sup> y profundidad promedio de 1-1,5 m (Figura 4). La siembra se hace con alevinos de 1 a 3- 5 g en densidades de 2-10 peces/m<sup>2</sup>, y recambios de agua mínimo de un 20% diario. Con este sistema los animales alcanzan alrededor de 400 g en 6-7 meses de cultivo. La mortalidad normal llega al 20% (Merino *et al.*, 2006).

Figura 4. Cultivo intensivo de tilapia en estanques de tierra



Fuente: Guía práctica de piscicultura en Colombia (MERINO *et al.*, 2006)

**1.4.2 Producción en canales de cemento.** Cultivo en tanques o canales de 100 a 1000 m<sup>2</sup>, requiriéndose grandes volúmenes de agua para recambio (Figura 5). Se siembran crías de 50 g, con una densidad final hasta de 100 peces/m<sup>2</sup>, suministrando alimento de más del 30% de proteína pues no hay consumo de alimento natural; se cosechan animales de 900 g en 9 meses.

Figura 5. Cultivo intensivo de tilapia en canales de cemento



Fuente: Guía práctica de piscicultura en Colombia (MERINO *et al.*, 2006)

**1.4.3 Producción en jaulas flotantes.** El cultivo en jaulas podría definirse como el engorde de peces desde estadios de alevín o juvenil (pesos promedios mayores a

5g) hasta tallas comerciales, en un área restringida y delimitada por mallas que permiten el libre flujo de agua.

Son cultivos intensivos y superintensivos dependiendo del tamaño de producción, por ello, las recomendaciones de orden técnico es que, para esta tecnología, se debe implementar el uso de jaulas pequeñas elaboradas con malla de nylon multifilamento, las cuales pueden ser pequeñas, desde 2,25 m<sup>3</sup> (1,5 m x 1,5 m x 1m de profundidad) o también usar jaulones de 22 a 26 m de diámetro por 2 a 4 m de profundidad (Figura 6); Las jaulas se agrupan en módulos flotantes con o sin muelles, estructuras en hierro, guadua y tubos de PVC; canecas metálicas o tanques plásticos para flotación.

Figura 6. Jaulas y jaulones para cultivo superintensivo de tilapia roja (Betania, Huila)



Fuente: Guía práctica de piscicultura en Colombia (MERINO *et al.*, 2006)

En este sistema los animales están inicialmente de 400 a 600 alevinos/m<sup>3</sup>, pasando de 5 - 10 a 150 gramos, posteriormente se seleccionan y trasladan los más grandes a jaulas de engorde, en donde se utilizan densidades de 100 a 160 peces/m<sup>3</sup>, llegando a un peso final de alrededor de 400 gramos en 6 a 7 meses. La mortalidad total puede alcanzar el 30%. La conversión alimenticia esperada es 1,7 a 2:1 (Merino *et al.*, 2006).

El recambio de agua debe ser total, 5 veces/minuto. Las jaulas se disponen de acuerdo con la corriente del sitio, manteniendo mínimo una distancia de 3m entre ellas y 4 m al fondo. Es necesario cubrirlas con malla liviana (antipájaro) para evitar la predación por aves.



## 1.5 ETAPAS DEL CULTIVO DE TILAPIA

El eslabón productivo piscícola implica diferentes fases según su estadio fisiológico y requerimientos, normalmente se desarrollan tres etapas, inicio o pre levante, levante y engorde, aunque algunos piscicultores unen la etapa de inicio con el levante (Merino *et al.*, 2006). Existen diferencias según los sistemas productivos de jaulas y estanques, así como también entre los segmentos empresariales, microempresariales y unidades campesinas que los implementan.

La reproducción y obtención de crías se hace por medio de estanques en tierra, ya que en jaulas fisiológica y logísticamente no es posible. En las granjas de producción de crías se incluye el manejo y mantenimiento de reproductores; así, peces hembras y machos maduros son sincronizados para apareamiento. Generalmente son sometidos al sistema en una relación de sexos de 3:1 (hembras: machos). Se espera una producción promedio de un huevo por gramo de peso de la hembra. Una vez consolidada la reproducción, las hembras son “ordeñadas”, es decir, se extrae el huevo de la boca, lugar natural de incubación (Ciclidos). El huevo fertilizado es colocado en incubadoras, de donde al cabo de 10 días salen las larvas.

Después de haber absorbido el saco vitelino durante sus primeros días, se colecta las crías para suministrarles alimento hormonado con dosis preestablecidas para desarrollar masculinización. Las crías pueden ser vendidas en esta fase con aproximadamente 30 días de vida.

**1.5.1 Prelevante o Iniciación.** Actualmente existen muchas discordancias respecto a la duración y pesos comprendidos en esta etapa, sin embargo, Para los estanques se reciben animales entre 1 y 3 g de peso, mientras que para las jaulas se necesitan animales un poco más grandes (mayor igual a 5 g) dependiendo del ojo de malla de las jaulas. La duración está entre los 1 ½ y 2 meses, tiempo en el cual los animales deben alcanzar pesos cercanos a los 50 g (Orozco, 1998; Salinas, 2003; Usgame, 2008). La empresa de concentrados SOLLA, la cual provee el alimento a ASPROINCA, maneja los 60 gramos de peso vivo, aunque algunos piscicultores llevan los animales hasta los 80 gramos, donde son seleccionados para la siguiente etapa.

Esta es la etapa más importante del cultivo porque es aquí donde se gana o se pierde la velocidad de crecimiento para las etapas futuras. En este sentido, es muy importante tener las mejores condiciones posibles de alimentación, calidad de agua, densidad y sanidad, con el fin de expresar su máximo potencial de

crecimiento y obtener en el futuro los mejores parámetros de producción. El alimento balanceado que se utiliza en este proceso tiene que contener un alto porcentaje de proteínas, generalmente se utilizan concentrados con porcentajes del 45% al 38%. Como norma general, el alimento debe ser suministrado en seis raciones diarias como promedio y a razón de un 8% de la Biomasa/día. Cumpliendo las condiciones óptimas, se puede alcanzar un peso promedio de hasta 80 gramos en un ciclo de 65 días (SOLLA, 2009).

**1.5.2 Levante.** Los animales que han finalizado la etapa de pre levante son transferidos a los estanques o jaulas para obtener pesos de aproximadamente 180 a 200 gr. Se utilizan alimentos con porcentajes de proteína del 36% a 34%, dependiendo de la marca de concentrado utilizado por cada productor. Se proporciona más alimento, pero distribuido en menos dosis, generalmente 3 o 4, lo que se establece conforme a los resultados de los muestreos donde se analizan los pesos promedios. Con estos valores los piscicultores ajustan la rutina de alimentación y buscan disminuir los costos de producción. Generalmente esta etapa dura cerca de 3 meses (Usgame, 2008).

**1.5.3 Ceba.** Esta fase puede tener una duración de 2.5 a 4 meses; la condición ganada en las etapas anteriores, la calidad del agua y una buena alimentación, contribuirán a que los animales alcancen la talla comercial en un menor tiempo. Para esta fase final se utilizan concentrados con valores proteicos más bajos que pueden oscilar entre 30% y 24%. Las porciones de alimento son mayores y varían según el productor en dos o máximo tres raciones (Usgame, 2008).

Los ajustes de inventario y de alimentación en esta fase son determinantes, ya que representa el 60% del consumo total de alimento. Como norma general, el alimento diario debe ser suministrado a razón de un 1,5% de la biomasa. Así en un ciclo de aproximadamente 70 días se obtendrá un peso final de 400 gramos (SOLLA, 2009). Una vez terminada la cosecha se deben preparar los estanques y las jaulas para recibir nuevos individuos y así iniciar un nuevo ciclo de engorde.

## **1.6 CALIDAD DEL AGUA PARA EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA**

El agua es el medio en que se desarrolla la vida de los peces convirtiéndose en el factor fundamental para el cultivo. Dentro de sus límites de tolerancia, la tilapia se adapta bien a diferentes condiciones de calidad de agua, comparadas a la mayoría de peces cultivados. La calidad del agua está determinada por sus propiedades fisicoquímicas, que influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que es importante que los parámetros del agua



se mantengan dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de los peces. Entre las más importantes destacan, temperatura, oxígeno disuelto, pH, entre otras.

**1.6.1 Temperatura.** Las tilapias son peces tropicales que presentan confort térmico entre 27 a 32°C, temperaturas por encima de 32°C y debajo de 27°C, reducen su apetito y su crecimiento (Kubitza, 2000). Según estudios realizados por la FAO (2008), las temperaturas letales para el cultivo de tilapia se ubican entre los 10-11°C. Su alimentación cesa por debajo de los 16-17°C y las enfermedades aumentan.

**1.6.2 Grado de acidez del agua.** También se llama “reacción” de agua, esta reacción puede ser básica (alcalina) o ácida. La intensidad de tal reacción se indica como valor del pH en una escala de 0 a 14. Para el cultivo de la tilapia los valores adecuados están comprendidos entre 6 a 8,5 unidades de pH (valor ideal cercano a 7 o levemente alcalino), debajo de 4,5 y encima de 10,5 se dan mortalidades significativas; entre 1 y 3 días se presentará una muerte total con las tilapias en aguas con un pH de 3 (Kubitza, 2000).

**1.6.3 Oxígeno disuelto.** Es el requerimiento más importante al igual que la temperatura, para los cultivos de especies hidrobiológicas. Su grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud y a la temperatura. El rango óptimo está entre 7 ppm y 9 ppm. La tilapia necesita una cantidad de oxígeno equivalente entre 0,4mg/L a 0,7mg/L como gas, (1 mg de oxígeno ocupa un volumen de 0,71 mL a la presión normal) (Kubitza, 2000).

**1.6.4 Alcalinidad.** Está relacionada en concentración total de bases en agua expresada en mg de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>). Los valores altos están asociados con un elevado contenido de sales. No debe ser superior a 175mg/L de CaCO<sub>3</sub> ni inferior a 15 m/g de CaCO<sub>3</sub> (Kubitza, 2000).

**1.6.5 Dureza.** Es la medida de la concentración de iones de Ca<sup>++</sup> y Mg<sup>++</sup> expresada en ppm de su equivalente a Carbonato de Calcio. El rango óptimo se encuentra entre 50 y 300 ppm (Kubitza, 2000).

**1.6.6 Amonio.** Es un producto de excreción de los peces y de la descomposición de materia orgánica (degradación de 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. Los valores de amonio deben

fluctuar entre 0 ppm a 0,01 ppm; el amonio no ionizado debe ser de 0 ppm a 0,1 ppm, y los nitritos de 0 a 0,05 ppm (Kubitza, 2000).

**1.6.7 Sólidos disueltos en suspensión.** Aumentan la turbidez en el agua, disminuyendo el oxígeno disuelto en ella. Para el cultivo de la tilapia deben tener concentraciones menores de los 30 mg/l (Kubitza, 2000).

**1.6.8 Dióxido de carbono.** Es un producto de la actividad biológica del metabolismo de los peces. Debe mantenerse en un nivel entre 0 ppm a 20ppm, porque cuando sobrepasa este valor se presenta letargia e inapetencia (Kubitza, 2000).

## **1.7 ANTECEDENTES DEL CULTIVO EN JAULAS**

El cultivo en jaulas fue iniciado por pescadores del Sureste asiático para mantener vivos por cortos períodos de tiempo los peces cosechados; es una técnica que viene desde principios de siglo. Hoy en día, el cultivo en jaulas es practicado y prospera en muchas regiones del mundo (ESPEJO, 2006). En este modelo de producción se adquieren mejores ganancias diarias, del orden de hasta 4 gramos día, esto se debe fundamentalmente a que, ante el confinamiento del pez, el gasto energético y de proteínas se hace menor lo que trae mejores rendimientos zootécnicos (Espejo, 2001).

En algunas regiones del país se vienen adelantando cultivos de tilapia roja en jaulas flotantes en embalses, lagos, lagunas, ciénagas y en otros cuerpos de agua de gran volumen. En ellos se emplea el sistema de producción en jaulas de bajo volumen y alta densidad, con módulos compuestos de varias jaulas para alevinaje y engorde, en donde la densidad de siembra puede variar, con flujo libre y constante de agua permitiendo una alta productividad, como se evidencia en el departamento del Huila en la represa de Betania (SIPSA, 2009).

El manejo de peces en jaulas de cultivo en Colombia, ha seguido las técnicas desarrolladas en países de mayor tradición piscícola como China y Filipinas. Según la FAO (2008), la piscicultura en jaulas y corrales comenzó en “madre viejas” o brazos de los grandes ríos de las costas Atlántica y Pacífica. En esos corrales se almacenaban los excesos de pesca que no podían ser consumidos inmediatamente; se descubrió así que esos peces sobrevivían adecuadamente, pero además que si se dejaban un tiempo más largo y si se les proporcionaba alimento diseñado para cerdos, los peces ganaban algo de peso; esta práctica

hizo que los pescadores costeños colocaran alevines de los géneros *Colossoma*, *Oreochromis*, *Brycon* y hasta *Pimelodus*. La iniciativa no tuvo el éxito esperado, ya que algunas de estas especies requieren otro tipo de manejo, e incluso algunas de ellas no permiten el cultivo en jaulas, o por lo menos en los tipos de jaulas o corrales que se estaban utilizando.

Tabla 2. Densidades de siembra usuales en cultivos de tilapia roja en jaulas flotantes

Región donde se ubica el cultivo	Número de animales / m <sup>3</sup>	Peso promedio(g)	Autor
Hidroprado (Tolima)	185 a 555	8 a 12	Córdoba <i>et al</i> , 2000
Betania (Huila)	123 a 555	8 a 15	Córdoba <i>et al</i> , 2000; Espejo (2006)
Valle del Cauca	377,6	60	Espejo (2006)
Tibiricá (Sao pablo-Brasil)	320-385	72	Berriel y Coelho (1998)

Fuente: USGAME, 2007 (Modificada)

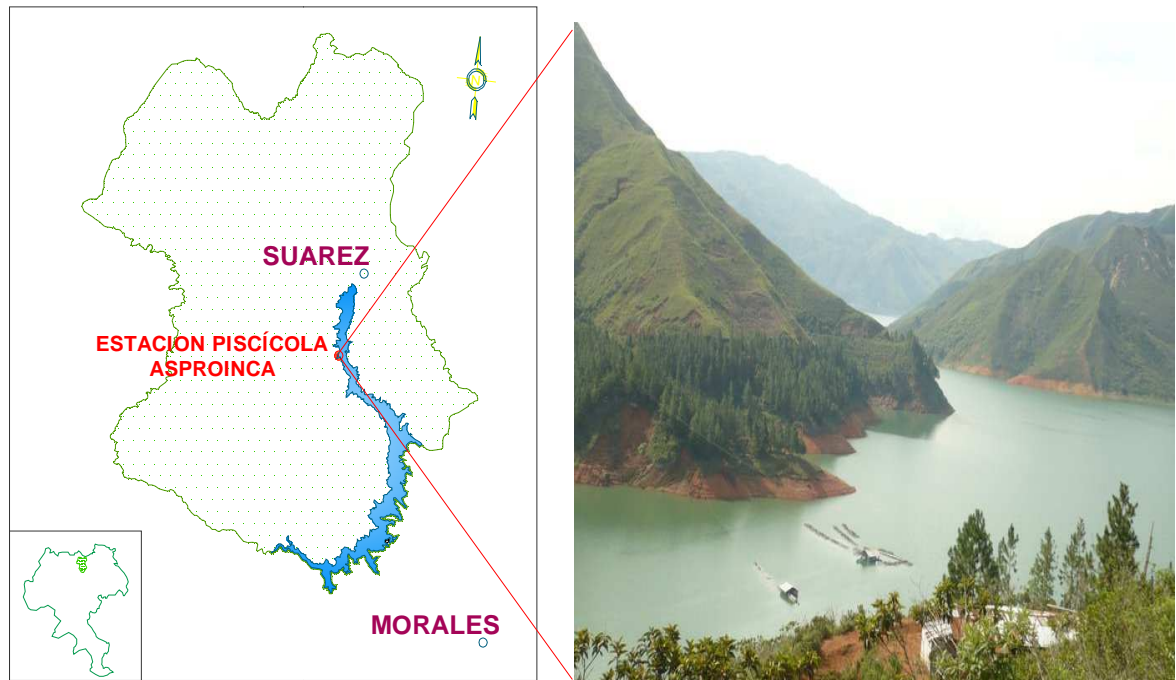
Sostiene Beltrán (1989), que el cultivo de peces en jaulas en Colombia a nivel semiindustrial comienza en el Valle del Cauca, con algunos ensayos hechos con ejemplares de la familia Cichlidae en jaulas de 1 metro cúbico; estos trabajos se continúan en la Universidad de Caldas, ubicada en la ciudad de Manizales, y hacia el año de 1976 el proyecto Inderena/FAO inició el cultivo de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en el lago andino de Tota. Con base en estos esbozos de trabajo en jaulas, en el año de 1984 en la represa del Peñol-Guatapé (Antioquia), se instalan las primeras jaulas flotantes con la asesoría del Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables (INDERENA); este programa se constituyó en una alternativa de aprovechamiento pesquero para los campesinos y en la vitrina para otras regiones del país, dando inicio a lo que hoy es una industria pujante y una tecnología referida por muchos autores en Latinoamérica (Espejo, 2006).

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El estudio se realizó en la estación piscícola flotante de la Asociación de Productores Indígenas del Cauca –ASPROINCA–. La estación se encuentra ubicada en la vereda de Mindalá, perteneciente al embalse de “La Salvajina”, dentro de la jurisdicción de los municipios de Suarez y Morales, situados al norte del departamento del Cauca (Figura 7). El acceso es por vía acuática partiendo de la vereda Santa Bárbara, llegando a ésta por un tramo carretable destapado desde la cabecera de Morales.

Figura 7. Estación piscícola ASPROINCA, en el embalse de La Salvajina



Fuente: Adaptado de Esquema de Ordenamiento Territorial Suárez

### 2.2 ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

En la investigación se evaluaron tres diferentes densidades de siembra, en un cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes; la evaluación en campo tuvo como prioridad establecer muestreos por jaula, en lo posible cada 10 días, durante 2 meses (tiempo acorde a la fase de iniciación).

**2.2.1 Diseño estadístico.** Se perfiló un modelo estadístico completamente al azar de tres (3) tratamientos con tres (3) repeticiones, para un total de nueve unidades experimentales (jaulas). Los tratamientos se definieron como:

Tratamiento 1: densidad de siembra = 150 alevinos/m<sup>3</sup>

Tratamiento 2: densidad de siembra = 300 alevinos/m<sup>3</sup>

Tratamiento 3: densidad de siembra = 450 alevinos/m<sup>3</sup>

**2.2.2 Jaulas.** La estación piscícola ASPROINCA facilitó nueve jaulas de 4m<sup>3</sup> cada una (2m de ancho, 2m de largo y 1m de profundidad).

Cada jaula estaba constituida por un marco hecho con tubos de PVC de 3 pulgadas (dicho material le confiere flotabilidad a la jaula); sobre éste marco descansa una estructura de aluminio, que sujeta una malla de nylon para contener los animales; Las mallas son de ojo de ½ pulgada, sin nudo (Figura 8a).

Las jaulas permanecen fijas en el lago gracias a una manila sintética que las sujeta desde postes ubicados en tierra, fuera del lago. Además, se notó que las jaulas cumplían con las especificaciones de distancia, es decir por lo menos 3 metros de distancia entre ellas y al menos 4 metros del fondo, lo que permitió garantizar un buen recambio dentro de la unidad de producción para la investigación (Figura 8b).

Figura 8. Jaulas flotantes de la granja piscícola ASPROINCA



Las nueve jaulas disponibles estaban desocupadas, ya que un lote había sido cosechado recientemente. Las mallas contenidas en el armazón de cada jaula presentaban una biopelícula que las recubría, comúnmente conocida como “Lama” (Figura 9). Este fenómeno bloquea el intercambio de agua en las jaulas, por lo que fue necesario desmontar la malla de cada jaula y así poder lavarlas con cepillo y jabón, posteriormente se las desinfectó con hipoclorito al 1,5% y luego se colocaron a secar al sol. Paralelamente, se examinaron daños o aberturas en las mallas causales de escape de los peces. Este proceso se realizó diez (10) días antes de la siembra de los alevines.

Figura 9. Biopelícula (Lama) presente en las mallas de las jaulas



**2.2.3 Análisis de la calidad de agua.** Esta actividad se desarrolló tres días antes de la llegada de los peces; se utilizó un equipo multiparamétrico marca HACH SENSION 156. Se tomaron muestras de las variables temperatura, oxígeno disuelto y pH, a diferentes horas en un mismo día; los datos se encuentran detallados en el Anexo A.

**2.2.4 Material biológico.** La estación piscícola ASPROINCA, facilitó 11.000 alevines disponibles para la investigación, acorde a la fecha de siembra. Sin embargo, se requirieron 10.800 alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en total. Las crías procedían del municipio de Tuluá (Valle del Cauca); éstas habían sido tratadas con hormonas para reversión sexual en su fase de larva, lo que garantiza que aproximadamente el 95% son machos. La cantidad aproximada de alevines es de 200 individuos por bolsa plástica, con peso promedio de 5 g por alevín.

**2.2.5 Siembra de alevines.** Al llegar los alevines a la estación se los distribuyó en dos jaulones de 15 m<sup>3</sup> cada uno, y se destinó para la madrugada siguiente la



distribución por jaulas, ya que una labor dispendiosa como ésta resulta perjudicial para los alevines al realizarse al mediodía. El número de alevines destinados para cada jaula se especifica en la tabla 3, y su distribución en la estación piscícola, en la figura 10.

Tabla 3. Resumen de la densidad de siembra por tratamiento

Tratamiento	Densidad (Alevín/m <sup>3</sup> )	Volumen jaula (m <sup>3</sup> )	Alevines por Jaula	Nº de Repeticiones	Alevines por tratamiento
1	150	4	600	3	1.800
2	300	4	1.200	3	3.600
3	450	4	1.800	3	5.400
Total individuos					10.800

Figura 10. Distribución de tratamientos en la estación piscícola



El proceso de distribución consistió en trasladar y distribuir los alevines, desde los jaulones de 15 m<sup>3</sup>, hasta las nueve jaulas, con sus densidades correspondientes. Este traslado se hizo con un chinchorro y un balde plástico; con el chinchorro se capturaba cierto número de individuos al azar y se los depositaba en un balde plástico limpio que contenía una solución de sal marina (sal marina/agua). Posteriormente se llevaba el balde que contenía los peces a las jaulas y con el chinchorro se los dispersaba hasta completar el número de alevines requerido por cada jaula, para esto debió contarse uno a uno los peces a medida que iban saliendo (Figura 11).

Figura 11. Conteo de alevines por jaula



Todos los peces recibieron tratamiento preventivo contra enfermedades (10 gramos de sal marina por litro de agua) en el momento de la distribución por jaula, ya que al capturar muchos individuos en un balde plástico, se corre el riesgo de que se lastimen entre sí con las aletas y se genere infecciones por bacterias u hongos.

**2.2.6 Plan de alimentación.** La cantidad de alimento se proporcionó de acuerdo al incremento de los pesos promedios obtenidos en cada muestreo. Así pues, los peces fueron alimentados con un concentrado comercial en presentación de pellet, con un contenido del 38% de proteína cruda y se brindó inicialmente a razón de 6,5% de la biomasa total, distribuyendo la comida en seis porciones por día. Al cabo de dos muestreos, se ofreció el alimento a razón de 4% de la biomasa total, fraccionando la comida en 4 veces por día. El plan de alimentación se detalla en los anexos B, C y D. El alimento comercial fue suministrado por la Asociación de Productores Indígenas del Cauca –ASPROINCA-.

### 2.3 VARIABLES MEDIDAS

Con el objetivo de establecer contraste entre las tres densidades evaluadas durante la etapa inicial, fue necesario establecer muestreos; estos se realizaron a intervalos de 10 días durante dos meses. A partir de los datos de crecimiento que arrojaron los muestreos, se evaluó ganancia de peso, sobrevivencia, conversión alimenticia y Biomasa neta. Con los parámetros anteriores y el presupuesto referentes al manejo de las nueve jaulas para esta etapa del cultivo, se determinó la mejor eficiencia entre los tratamientos evaluados.



**2.3.1 Procedimiento para los muestreos.** Estas actividades se hicieron en nueve jaulas flotantes de la granja piscícola ASPROINCA, y consistió básicamente en pesar una muestra representativa por jaula, anotando pesos correspondientes. Se registraron nueve muestreos (uno por cada una de las nueve jaulas) cada 10 días.

Los materiales requeridos fueron: chinchorro o atarraya, una báscula (capacidad 10 Kg), 2 baldes de 10 litros, sal marina (10 gramos de sal marina por litro de agua), guantes para sujetar los alevines, libreta, lápiz y calculadora. La estación piscícola facilitó los materiales. El procedimiento para realizar un muestreo se detalla a continuación: Se pesaron 5 kilogramos de solución de sal marina en un balde limpio (B1); este se suspendió en una báscula calibrada y fija en un sitio de la estación (Figura 12).

Figura 12. Pasos para realizar un muestreo: paso a



En otro balde (B2), se preparó una cantidad igual de solución de sal marina (Figura 13).

Figura 13. Pasos para realizar un muestreo: paso b



Con el chinchorro se capturaron peces al azar correspondientes a cada una de las jaulas a medir y se los depositó en el balde B2. Se condujo el balde B2 al lugar donde está la báscula y se transfieren al balde B1 (Figura 14).

Figura 14. Pasos para realizar un muestreo: paso c



Cuando la aguja de la balanza marcó 500 gramos de más, frente al inicial (5 kg.), se detuvo la transferencia de alevines sin importar el número y se procedió a contar y devolver los animales muestreados al balde B2 (Figura 15).

Figura 15. Pasos para realizar un muestreo: paso d



Los alevines que seguían en B2, incluidos los muestreados, fueron reintegrados a la jaula de la cual se los capturó (Figura 16).

Luego, el peso promedio por jaula, se obtuvo dividiendo la cantidad de peso que incrementó la balanza (500 g) entre el número de peces muestreados para esa cantidad.

Figura 16. Pasos para realizar un muestreo: paso e



Este proceso se repitió nueve veces por cada fecha de muestreo, ya que hay nueve jaulas. Los datos obtenidos en los muestreos se consignaron en el anexo E.

**2.3.2 Análisis estadístico.** Como se mencionó anteriormente, se adaptó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos (densidades) y tres réplicas cada uno. Los datos de crecimiento de los peces, obtenidos con los muestreos, fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y posterior test de Tukey para corroborar significancia con el software “Statistical Analysis System” –SPSS–. A partir de los datos de crecimiento, se evaluó ganancia de peso, conversión alimenticia, biomasa neta y supervivencia.

**2.3.3 Análisis económico.** Se desarrolló una comparación presupuestaria parcial referente al manejo de la etapa inicial del cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes, con los tres tratamientos objeto de la investigación (150, 300 y 450 alevines/m<sup>3</sup>). Con base en los parámetros técnicos y el presupuesto de manejo para esta etapa, se evaluó la eficiencia de los tratamientos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CALIDAD DEL AGUA

Los principales parámetros de calidad de agua registrados (temperatura, oxígeno disuelto y pH) que se muestran en la tabla 4, fueron aceptables para condiciones de clima cálido en donde habita la especie tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Tabla 4. Calidad del agua registrada en la estación piscícola ASPROINCA

Parámetro	Nº observaciones	Valor mínimo	Valor máximo	Valor promedio	Valor ideal (Kubitza, 2000 Espejo, 2006)
Temperatura.(°C)	8	24,5	26	25,1	25 a 30
Oxigeno disuelto (ppm)	8	7	8,2	7,6	7 a 9
pH	8	7,14	7,57	7,5	6 a 8,5

El rango óptimo de temperatura del agua para esta especie es de 25 a 30°C (Saavedra, 2006; Espejo, 2006). Sin embargo, en la estación piscícola ASPROINCA, la temperatura del agua muestra un comportamiento que fluctúa entre los 22 a 25°C, con un buen desarrollo de la especie (Garcés y Perea, 2009). En este sentido, la investigación corrobora que la temperatura registrada es adecuada para emprender el cultivo de tilapia en el embalse de La Salvajina.

Con respecto al pH, valores cercanos a siete son óptimos en la acuicultura (Trejo, 2002; FAO, 2008). Garcés y Perea coinciden con la investigación al afirmar que en la estación ASPROINCA se manifiestan valores ideales de pH para el cultivo de tilapia con un comportamiento uniforme (6.8 – 7.7). Del mismo modo, Kubitza (2000), sugiere valores adecuados entre 6 a 8,5 unidades de pH; esto debido a que la especie crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino. Por lo tanto, el análisis resultante de pH del agua (Tabla 4), sugiere valores óptimos de esta variable para el cultivo de tilapia.

Los datos registrados de oxígeno disuelto presentan similitud con el rango ideal para un buen desarrollo de la especie (7 a 9 ppm, Tabla 4); sin embargo, la tilapia tolera rangos entre 3 a 10 ppm (Coche, citado por Salinas, 2003; Saavedra, 2006; Cantor, 2007) dependiendo de las fases del cultivo y las densidades empleadas, requiriendo menos de 3 ppm en la fase inicial temporalmente (Kubitza, 2000).

La calidad del agua está determinada por sus propiedades físicas y químicas, entre las más importantes se destacan: temperatura, oxígeno disuelto y pH. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que, deben mantenerse en un rango adecuado y manejarse en conjunto. (Saavedra, 2006).

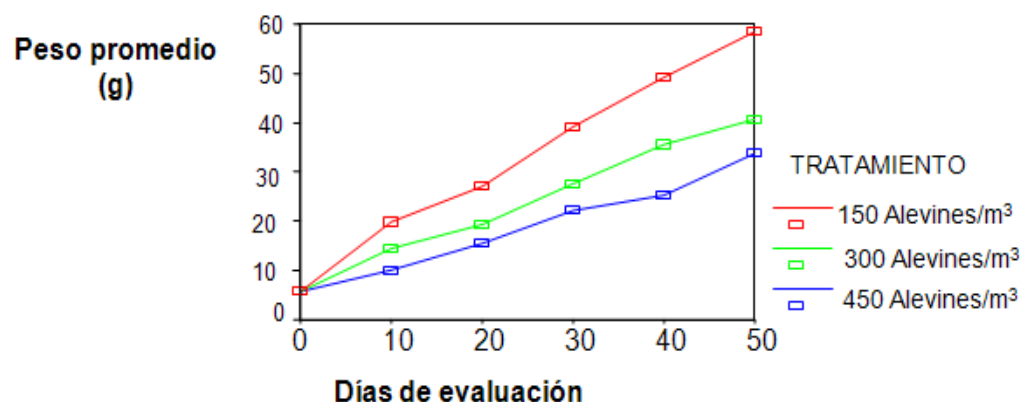
### 3.2 CONTRASTE EN LAS DENSIDADES EVALUADAS

Los tratamientos objeto de la presente investigación (150, 300 y 450 alevines/m<sup>3</sup>), se evaluaron para la etapa de inicio a partir de muestreos. Con los datos resultantes organizados, se determinó los principales parámetros técnicos como el crecimiento, la ganancia de peso, la sobrevivencia, la biomasa neta y la conversión alimenticia.

**3.2.1 Crecimiento de los peces.** Los datos de peso promedio, obtenidos en los diferentes muestreos, se sometieron a un análisis de varianza. El estudio arrojó significancia ( $p < 0.05$ ) con respecto al crecimiento de los peces en las densidades evaluadas (Anexo F). Esto quiere decir que las densidades evaluadas no llevaban el mismo ritmo de crecimiento promedio.

En ese sentido, al establecer contraste entre tratamientos (densidades), se obtuvo que el tratamiento 1 (150 peces/m<sup>3</sup>), presenta significancia ( $p < 0.05$ ) con respecto a los tratamientos 2 y 3 (300 y 450 peces/m<sup>3</sup>), que no presentan diferencia de crecimiento entre ellos ( $p > 0.05$ ) (Anexo G). En ese orden de ideas, el análisis afirma que el tratamiento 1 (150 peces/m<sup>3</sup>) fue el que ofreció mejores resultados de crecimiento promedio. Este comportamiento se ve reflejado en la figura 17.

Figura 17. Crecimiento de los peces en los tratamientos evaluados



El comportamiento de la variable crecimiento que arroja la investigación coincide con lo planteado en otras investigaciones (Trejo, 2002; Iñiguez, 2005; Eslava, 2007; Schmittou, 2008), quienes afirman que en la producción acuícola, el crecimiento es función de variables como la densidad de peces a la siembra, la calidad de agua y la tasa máxima de alimentación ofrecida. De este modo, como sucede en los tres objetos de la investigación, las tilapias sembradas a una densidad de 150 peces/m<sup>3</sup> en jaulas flotantes, crecieron más rápido en comparación a densidades de siembra superiores a 300 peces/m<sup>3</sup>, con nutrición y calidad de agua apropiada. El crecimiento se retarda cuando la densidad de siembra es alta

**3.2.2 Ganancia de peso.** La investigación arrojó valores entre 28 g (T3) a 52,6 g (T1), para la ganancia de peso total. Los índices de ganancia de peso promedio diario estuvieron entre los 0,6 (T3) a 1,1 g/día (T1), observándose la superioridad del tratamiento 1 para este parámetro también (Tabla 5). En general este parámetro tuvo una relación inversa con la densidad de siembra.

Los parámetros resultantes de ganancia de peso total arrojados por la investigación, fueron inferiores respecto a los mencionados por autores como Medina (2009) y Poot (2009), quienes registran incrementos en peso de 75,8 g y 56,8 a 58,1 g respectivamente, en estanques; mientras que Suazo (2002), menciona valores de 81 g en Jaulas flotantes en periodos de evaluación similar (60 días).

Tabla 5. Parámetros de producción de tilapia en jaulas durante la etapa inicial, con los tratamientos evaluados

Parámetro	Tratamiento 1 150 alevines/m <sup>3</sup>	Tratamiento 2 300 alevines/m <sup>3</sup>	Tratamiento 3 450 alevines/m <sup>3</sup>
Duración de la investigación (días)	50	50	50
No. Inicial de peces +	1800	3600	5400
No. de peces al finalizar la etapa	1794	3300	4410
Supervivencia (%)	99,7	91,7	81,7
Peso promedio inicial (g.)	5,7	5,7	5,7
Peso promedio al finalizar etapa (g.)	58,3	40,6	33,7
Ganancia de peso total (g.)	52,6	34,9	28
Ganancia de peso diaria (g.)	1,1	0,7	0,6
Biomasa económica (Kg./m <sup>3</sup> )	7,9	9,5	9,8
Consumo de alimento (Kg.) °	164	236,9	271,1
Conversión alimenticia	1,6	1,8	1,8

+ El número inicial de alevines ocupó en total 12 m<sup>3</sup> por tratamiento, distribuidos en tres jaulas de 4m<sup>3</sup> cada una. Los pesos promedios registrados fueron obtenidos con los muestreos.

° El consumo de alimento se encuentra detallado en los anexos B, C y D.

\* El procedimiento para calcular los parámetros se encuentra en el anexo H.

Los valores resultantes de ganancia de peso diario, tampoco se asemejan a los manejados en estanques. En este sentido, Anderson, *et al.*, (1984) y Wang, *et al.*, (1985), obtuvieron resultados de 1,5 a 5 g/día, con alevines de 2,0 a 3,7 g de peso inicial; mientras que Trejo (2002), obtuvo un valor de 0,5 a 1,3 g/día, similar a las tasas de ganancia diaria reportadas en el presente estudio con tilapias bajo un sistema en jaulas. Esto debido a que en estanques se obtiene mayor ganancia de peso que en jaulas, por la producción primaria del estanque (Trejo, 2002). Sin embargo, en Colombia, Espejo (2001), y la empresa de concentrados ITALCOL, (2006) reportan valores de hasta 4 g/día y 2,2 g/día, respectivamente.

La baja ganancia diaria reportada en la presente investigación corresponde a que los peces cultivados en jaulas de bajo volumen a una alta densidad, están sujetos a factores condicionantes de estrés en la represa de La Salvajina; como el confinamiento, la temperatura del agua, la manipulación y todas aquellas actividades a corto plazo, que suplementan las rutinarias del cultivo.

En este sentido, los datos de calidad de aguas sobre temperatura registrados en ASPROINCA (Anexo A), revelan niveles entre 24 a 26 °C, que sin ser óptimos, resultan acordes para el cultivo de tilapia roja; sin embargo, el confort térmico está entre los 27 a 32 °C, temperaturas por encima o por debajo de este rango reducen el apetito y crecimiento (Kubitza, 2000; Suazo, 2002), lo que sugiere una posible causa de la baja ganancia de peso diario y en si del crecimiento. Cabe tener en cuenta que los peces son organismos poiquiloterms (regulan su metabolismo de acuerdo al ambiente). La temperatura, tanto en estanques como en jaulas flotantes, es un factor ambiental independiente sobre el cual el productor, tiene un control limitado.

Por otro lado, Orozco (1998), afirma que la tilapia chitralada o gris se la ha conocido por mucho tiempo como la especie más resistente a condiciones adversas y manejo (siembra, muestreos, mantenimiento jaulas). Esta característica se vuelve muy estresante sobre todo para las especies híbridas como la tilapia roja, manifestando un leve receso en su alimentación y con ello en su crecimiento. Ante este suceso Castillo (2010), sugiere hacer muestreos entre el 3 al 15 % del total de la población en los cultivos piscícolas, a intervalos mínimo de 15 días.

**3.2.3 Supervivencia.** La investigación corroboró que los tratamientos 1 y 2, expresaron valores elevados de supervivencia (>90%), mientras que en el tratamiento 3 fue baja (81,7%), observándose una relación inversa entre las densidades de siembra y la supervivencia (Tabla 5); sin embargo, este parámetro resultó adecuado para la investigación ya que la mortalidad para cultivos en jaulas



puede fluctuar entre el 30% y el 46% (Merino, 2006; ITALCOL, 2006). El ensayo corroboró que al manejar altas densidades los peces tienen mayor competencia por alimento y por oxígeno disuelto, provocando una selección natural de los individuos más fuertes.

**3.2.4 Biomasa neta.** Los valores resultantes para esta variable estuvieron entre los 7,9 a 9,8 Kg/m<sup>3</sup>. Sostiene Merino (2006), que la producción neta para cultivos en jaulas alcanza valores de 50 a 60 Kg/m<sup>3</sup> con una densidad de siembra de 400 a 600 alevines/m<sup>3</sup>, mientras que la estación piscícola Agrovelca (Neiva), registra un valor similar: 43 Kg/m<sup>3</sup> (ITALCOL, 2006). Sin embargo, para adoptar una decisión al respecto, es necesario prestar atención al peso final de cosecha (talla comercial), ya que este parámetro se calcula para todo el ciclo del cultivo, es decir, 6 a 7 meses de evaluación, mientras que en esta investigación se restringió a la etapa inicial (50 días).

Así pues, aunque la Biomasa neta obtenida en el tratamiento 3, fue superior con respecto a los otros tratamientos (Tabla 5); se sugiere que, a pesar de obtener una mayor producción al manejar altas densidades, no se justifica la sobrepoblación en jaulas en la etapa inicial, ya que se ve disminuida la velocidad de crecimiento individual, obteniendo bajos pesos promedios individuales. Esta condición repercute en la duración de la etapa inicial y por ende en todo el cultivo, acarreando un aumento en los costos de producción, representado principalmente en el alimento.

Las altas densidades de siembra, resultan a menudo en altas cosechas de peces, pero el crecimiento individual de estos se sacrifica (es decir, a mayor densidad de siembra, menor talla de los animales). A altas densidades, la tilapia requiere un tiempo adicional para alcanzar las tallas de mercado; cuanto más tiempo queden los peces en el cultivo, mayor será el riesgo de enfermedades y se incrementarían los costos.

**3.2.5 Conversión alimenticia.** Mientras la conversión para el tratamiento 1 fue de 1,6, la misma variable fue de 1,8 para los tratamientos 2 y 3 (Tabla 5). Así pues, los índices resultantes de esta variable estuvieron en el rango aceptable, es decir valores entre 1,8-2,2: 1 (Suazo, 2002; Merino, 2006), aunque con técnicas especializadas se ha alcanzado conversiones de 1,42 (ITALCOL, 2006). La mejor tasa de conversión obtenida por el tratamiento 1, se puede explicar por el hecho de que, la competencia por alimento es menor, así como también del espacio disponible, características que brindan confort para la especie.



### 3.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

En todos los tratamientos el mayor costo variable fue la compra del alimento, seguido por la mano de obra, esta fue calculada sobre un sueldo mensual de \$907.551 para trabajadores de campo.

Los costos variables totales aumentaron con la densidad en las jaulas, mientras que los costos fijos totales fueron iguales para las tres densidades. La proporción de los costos fijos por kilogramo de biomasa al finalizar la fase de iniciación, aumentaron al incrementar la densidad de siembra: tratamiento 1, \$10.093 seguido por los tratamientos 2 y 3 con \$12.157 y \$ 14.223, respectivamente.

El costo por alevín al final de la fase resultó menor en el tratamiento 3 con un precio de \$392 individuo y en mayor proporción en el tratamiento 1 con un costo de \$587.

La proporción de los costos fijos por kg de pez producido, disminuyó al aumentar la densidad de siembra.

#### 4. CONCLUSIONES

La investigación corroboró que las tres densidades evaluadas son apropiadas para el cultivo de jaulas en La Salvajina, ya que ofrecen una supervivencia mayor al 81% sin reportar pérdidas considerables. Sin embargo, la eficiencia se evidenció en el tratamiento de baja densidad (150 alevines/m<sup>3</sup>), ya que se obtuvo superioridad en todos los parámetros de producción y en presupuesto, en comparación con los otros tratamientos. La baja densidad de siembra garantiza que los peces crezcan en un menor periodo.

La alta densidad de siembra, produjo una alta biomasa, sin embargo, sacrificó el crecimiento individual de los peces (a mayor densidad de siembra, menor talla de los animales). A altas densidades, la tilapia requiere un tiempo adicional para alcanzar las tallas expresadas en bajas densidades; cuanto más tiempo queden los peces en el cultivo, mayor será el riesgo de enfermedades y se incrementarían los costos.

Analizando los costos totales por biomasa en las tres densidades de siembra de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en jaulas flotantes durante la etapa inicial en el embalse de La Salvajina (Cauca), se pudo observar que son más altos estos cuando tenemos un mayor número de peces.

## 5. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de 150 alevines/m<sup>3</sup> para la fase de iniciación en cultivos de tilapia roja en jaulas flotantes para el embalse de La Salvajina, porque demostró ser más eficiente en cuanto a parámetros de producción y costo por kg de biomasa, en comparación con las otras densidades investigadas de 300 y 450 alevines/m<sup>3</sup>.

Se recomienda hacer estudio en las siguientes fases de cultivo de tilapia roja en jaulas flotantes, con la densidad de 150 alevines/m<sup>3</sup>, en el embalse de La Salvajina.

Es necesario continuar con investigaciones que determinen el efecto estresante que disminuye la supervivencia y crecimiento de las tilapias cultivadas a densidades altas (300 y 450 alevines/m<sup>3</sup>), tanto en fase de iniciación como en la de engorde, con el fin de tener un conocimiento global sobre estas características en el cultivo de la tilapia roja en jaulas flotantes para la zona de La Salvajina.

Se recomienda hacer un seguimiento periódico de análisis de aguas, mínimo cada 15 días, con el fin de revisar el efecto de este sobre el cultivo de la tilapia en jaulas flotantes para la zona de La Salvajina.

## BIBLIOGRAFÍA

ALAMILLA T. Hugo, 2005. Acuicultura: cultivo de tilapias, elaborado en formato html por ZOE Tecno-Campo, México, disponible online: <http://www.zoetecnocampo.com/documentos/tilapia/tilapia.htm#1>

ANDERSON, J. JACKSON, A. MATTY, J. CAPPER, B. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia (*Oreochromis niloticus* L), *Aquaculture*. 37: 303-31 p.

BELTRÁN, Isabel Cristina, 1989. Modelos de jaulas flotantes para el cultivo de peces en clima cálido, Red Nacional de Acuicultura, Memorias de la Segunda Reunión Red Nacional de Acuicultura. Neiva.

CASTILLO, Gustavo, 2010. MUNDO TILAPIA: Muestreo y Registro, disponible en: <http://www.mundotilapia.es.tl/Muestreo-y-Registro.htm>

CASTILLO L., 2008. Tilapia roja: una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito, Cali, Colombia, disponible online: [http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/tilapia\\_roja20082.doc](http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/tilapia_roja20082.doc)

CANTOR, Fernando 2007. Manual de producción de tilapia (*Oreochromis sp.*), secretaría de desarrollo rural del estado de Puebla, México D.F., disponible online: <http://www.scribd.com/doc/26642997/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA -C.V.C.-, 1985. Salvajina: el parto de una quimera, Cali, Colombia, pág. 15-32.

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO DEL CAUCA, CORPOCAUCA, 2006. "Proyecto Alianza Piscícola para la Reactivación Económica del Embalse de la Salvajina, Municipio de Morales", Morales, Cauca, disponible online <http://www.alcaldíademorales/EOT2002-2010,componentebiofísico.htm>

CENTRO REGIONAL DE PRODUCTIVIDAD E INNOVACIÓN DEL CAUCA, CREPIC, 2009. Cadena productiva piscícola del Cauca, Generalidades de la cadena piscícola del Cauca, disponible online: [http://www.crepic.org.co/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27&Itemid=18](http://www.crepic.org.co/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=18)

ESLAVA MOCHA, Pedro. 2007. Evaluación de tres densidades de siembra de cachama blanca en jaulas flotantes en Puerto Rico (Meta), XIII Jornada de acuicultura - Grupo de investigación UNILLANOS, Universidad de los llanos, Villavicencio, Colombia, p. 9-12.

ESPEJO C., M.V.Z. 2006. Especialista en acuicultura, Nutrición Acuícola, Cultivo de tilapia roja en jaulas tecnología en Colombia, disponible online: <http://www.carlosespejo.com.co/>

ESPEJO C., M.V.Z. 2001. Manejo industrial de las tilapias, Trabajo presentado al curso LANCE de la Asociación Americana de Soya, Monterrey, disponible en: <http://www.carlosespejo.com.co/>

FAO, 2008. Estado mundial de la pesca y la acuicultura, Departamento de pesca y acuicultura de la FAO, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/011/i0250s/i0250s00.htm>

GARCÉS, J. PEREA, C. 2009. Desarrollo de alternativas agroindustriales para el cultivo en jaulas flotantes de tilapia roja (*Oreochromis sp*), en la represa de "la salvajina", municipio de Suárez, Cauca, tesis de grado Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

IÑIGUEZ, C. 2005. Comparación del crecimiento y supervivencia de alevines de tres líneas de tilapia con dos patrones de temperatura, Honduras. Proyecto Especial de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 12 p. disponible en: [http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2005/T2070.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2005/T2070.pdf)

ITALCOL, 2006. Manual para el productor piscícola: Manejo industrial de tilapias, cartilla N° 4, págs. 2-3, 14.

KUBITZA F. (Ph. D.), KUBITZA M. (Med Vet.), 2000. Panorama da AQUICULTURA, Tilapia, maio/junho. Vol 20. Disponible online: <http://www.adeformosa.org.ar/templates/media/pdf/Cultivos%20de%20peces%20e%20n%20jaulas%20de%20bajo%20volumen.pdf>

MARTÍNEZ, H. J. 2005. La cadena de la piscicultura en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica (1991-2005), Documento de Trabajo No 72, Bogotá D.C., Colombia, en [www.agrocadenas.gov.co](http://www.agrocadenas.gov.co)

MEDINA, G. 2009. Comparación del pre-engorde de alevines de tilapia del Nilo e híbrido rojo de tilapia en tres ambientes en Zamorano, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. Disponible en:  
[http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2009/T2788.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2009/T2788.pdf)

MERINO ARCHILA M, GOMEZ LEON D, SALAZAR ARIZA G, 2006, Guía Práctica de Piscicultura en Colombia, Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER, Bogotá D.C., Colombia. 76 p.

OROZCO, Francisco 1998. Comparación del crecimiento temprano de tres líneas de tilapia (*Oreochromis sp.*). Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, El Zamorano, Honduras. 27p. disponible en:  
[http://www.aquahoy.com/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=710&Itemid=100009&lang=es](http://www.aquahoy.com/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=710&Itemid=100009&lang=es)

POOT, Carlos. SALAZAR, Rafael. HERNÁNDEZ, M. 2009. Evaluación de dietas comerciales sobre el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*), etapa crianza, 2º Congreso Internacional de Investigación, México.

Programa de alimentación para peces de aguas cálidas, SOLLA, 2010, en:  
<http://www.solla.com/index.php?option=comcontent&task=view&id=1001&Itemid=3468>

QUINTERO, L. 2008. Nutrición mineral en tilapias, Laboratorio de ictiología y peces ornamentales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. Colombia.

SAAVEDRA M. 2006. Producción agropecuaria y acuícola, Manejo del cultivo de tilapia, Managua, Nicaragua. Disponible online:  
[http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNADK649.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADK649.pdf)

SALINAS GRANADOS, A. 2003. Comparación del manejo integrado e intensivo en el pre-engorde de tilapia (*Oreochromis sp.*). Proyecto Especial de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 15 p. disponible en:  
[http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2003/T1815.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2003/T1815.pdf)

SCHMITTOU, H. R., 2008. Cultivo de Peces a Alta Densidad en Jaulas de Bajo Volumen (BVAD), Asociación Americana de Soya, Caracas-Venezuela, 86 p.

SIPSA, 2009. Precios de insumos y factores de producción pecuaria, boletín mensual junio nº 6, Volumen 6. Disponible online: [http://www.cci.org.co/cci/cci\\_x/datos/Diario/DCARPES.HTM](http://www.cci.org.co/cci/cci_x/datos/Diario/DCARPES.HTM)

SUAZO, Andrés. 2002. Cultivo combinado de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas y alevines en un estanque integrado con cerdos. Proyecto especial de ingeniero agrónomo. El Zamorano, Honduras. 17 p. disponible en: [http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2002/T1616.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2002/T1616.pdf)

TENG, S. y CHUA, T. 1979. "Use of artificial hides to increase the stocking density and production of estuary grouper *Epinephelus salmoides* Maxwell, reared in floating net cages". Revista electrónica Aquaculture nº 16. Disponible en: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0044848679901108>

TREJO, Rafael. 2002. Cultivo combinado de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en jaulas y alevines en un estanque bajo un manejo intensivo, Proyecto especial del programa de ingeniería agronómica, El Zamorano, Honduras, Disponible online: [http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis\\_infolib/2002/T1620.pdf](http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2002/T1620.pdf)

USGAME, D.; USGAME, G.; VALVERDE, C., 2007. Agenda productiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de tilapia en Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia, disponible online: <http://www.minagricultura.gov.co/archivos/tilapia.pdf>

WANG, K.W., T. Takeuchi, T. Watanabe. 1985. Effect of dietary protein levels on growth of *Tilapia nilotica*. Bulletin of the Japanese society of scientific fisheries. 133-140.

## ANEXOS

### ANEXO A. Calidad del agua registrada en la estación piscícola ASPROINCA, con los principales parámetros

Hora	Temperatura (° C)	O.D. (ppm)	pH	VDS * (m)	Estado tiempo
12:00 PM	26	7.6	7.54	>1,8	semisoleado
3:00 PM	26	7.8	7.54	>1,8	semisoleado
6:00 PM	25.5	7.2	7.42	>1,8	seminublado
9:00 PM	25.5	7	7.42	>1,8	noche
6:00 AM	24.5	7.2	7.14	>1,8	lluvia
9:00 AM	24.5	8.2	7.57	>1,8	nublado
12:00 PM	24.5	8.2	7.57	>1,8	nublado
2:00 PM	24.5	8	7.57	>1,8	nublado
Promedio	25.1	7.6	7.5		

Fuente. Los Autores, 2010. \* Visibilidad disco sechi.



### ANEXO B. Cantidad de alimento para el tratamiento 1 durante la etapa inicial

FECHA MUESTREO	JAULA N°	PESO MUESTRA	N° PECES POR MUESTRA	PESO PROMEDIO	PECES ACTUALES	BIOMASA (gramos)	% ALIMENTO	ALIMENTO (g/dia)	ALIMENTO* (Kg/semana)
Siembra	T1R1	500	90	5.6	600	3333.3	6.5	216.7	2.2
Siembra	T1R2	500	85	5.9	600	3529.4	6.5	229.4	2.3
Siembra	T1R3	500	89	5.6	600	3370.8	6.5	219.1	2.2
08/05/2010	T1R1	500	26	19.2	600	11538.5	6.5	750.0	7.5
	T1R2	500	25	20.0	600	12000.0	6.5	780.0	7.8
	T1R3	500	25	20.0	600	12000.0	6.5	780.0	7.8
15/05/2010	T1R1	500	19	26.3	600	15789.5	6.5	1026.3	10.3
	T1R2	500	15	33.3	600	20000.0	6.5	1300.0	13.0
	T1R3	500	23	21.7	600	13043.5	6.5	847.8	8.5
26/05/2010	T1R1	500	13	38.5	600	23076.9	4	923.1	9.2
	T1R2	500	11	45.5	600	27272.7	4	1090.9	10.9
	T1R3	500	15	33.3	600	20000.0	4	800.0	8.0
06/06/2010	T1R1	500	12	41.7	600	25000.0	4	1000.0	10.0
	T1R2	500	9	55.6	600	33333.3	4	1333.3	13.3
	T1R3	500	10	50.0	600	30000.0	4	1200.0	12.0
15/06/2010	T1R1	500	10	50.0	598	27900.0	4	1116.0	11.2
	T1R2	500	8	62.5	598	34875.0	4	1395.0	14.0
	T1R3	500	8	62.5	558	34875.0	4	1395.0	14.0
<b>PESO ALIMENTO KG</b>									<b>164.0</b>

\* La cantidad de alimento destinada para cada semana se prolongó 3 días más, ya que cada muestreo se hizo cada 10 días aproximadamente.

### ANEXO C. Cantidad de alimento para el tratamiento 2 durante la etapa inicial

FECHA MUESTREO	JAULA N°	PESO MUESTRA	N° PECES POR MUESTRA	PESO PROMEDIO	PECES ACTUALES	BIOMASA (gramos)	% ALIMENTO	ALIMENTO (g/día)	ALIMENTO* (Kg/muestreo)
Siembra	T2R1	500	84	6.0	1200	7142.9	6.5	464.3	4.6
Siembra	T2R2	500	88	5.7	1200	6818.2	6.5	443.2	4.4
Siembra	T2R3	500	89	5.6	1200	6741.6	6.5	438.2	4.4
08/05/2010	T2R1	500	38	13.2	1200	15789.5	6.5	1026.3	10.3
	T2R2	500	36	13.9	1200	16666.7	6.5	1083.3	10.8
	T2R3	500	31	16.1	1200	19354.8	6.5	1258.1	12.6
15/05/2010	T2R1	500	28	17.9	1200	21428.6	6.5	1392.9	13.9
	T2R2	500	24	20.8	1200	25000.0	6.5	1625.0	16.3
	T2R3	500	26	19.2	1200	23076.9	6.5	1500.0	15.0
26/05/2010	T2R1	500	21	23.8	1200	28571.4	4	1142.9	11.4
	T2R2	500	16	31.3	1200	37500.0	4	1500.0	15.0
	T2R3	500	18	27.8	1200	33333.3	4	1333.3	13.3
06/06/2010	T2R1	500	17	29.4	1200	35294.1	4	1411.8	14.1
	T2R2	500	12	41.7	1200	50000.0	4	2000.0	20.0
	T2R3	500	14	35.7	1200	42857.1	4	1714.3	17.1
15/06/2010	T2R1	500	13	38.5	1100	42307.7	4	1692.3	16.9
	T2R2	500	12	41.7	1100	45833.3	4	1833.3	18.3
	T2R3	500	12	41.7	1100	45833.3	4	1833.3	18.3
<b>PESO ALIMENTO KG</b>									<b>236.9</b>

\* La cantidad de alimento destinada para cada semana se prolongó 3 días más, ya que cada muestreo se hizo cada 10 días aproximadamente.

### ANEXO D. Cantidad de alimento para el tratamiento 3 durante la etapa inicial

FECHA MUETREO	JAULA N°	PESO MUESTRA	N°PECES POR MUESTRA	PESO PROMEDIO	PECES ACTUALES	BIOMASA (gramos)	% ALIMENTO	ALIMENTO (g/dia)	ALIMENTO* (Kg/muestreo)
Siembra	T3R1	500	89	5.6	1800	10112.4	6.5	657.3	6.6
Siembra	T3R2	500	85	5.9	1800	10588.2	6.5	688.2	6.9
Siembra	T3R3	500	89	5.6	1800	10112.4	6.5	657.3	6.6
08/05/2010	T3R1	500	50	10.0	1800	18000.0	6.5	1170.0	11.7
	T3R2	500	55	9.1	1800	16363.6	6.5	1063.6	10.6
	T3R3	500	45	11.1	1800	20000.0	6.5	1300.0	13.0
15/05/2010	T3R1	500	30	16.7	1800	30000.0	6.5	1950.0	19.5
	T3R2	500	33	15.2	1800	27272.7	6.5	1772.7	17.7
	T3R3	500	35	14.3	1800	25714.3	6.5	1671.4	16.7
26/05/2010	T3R2	500	25	20.0	1800	36000.0	4	1440.0	14.4
	T3R2	500	22	22.7	1800	40909.1	4	1636.4	16.4
	T3R3	500	21	23.8	1800	42857.1	4	1714.3	17.1
06/06/2010	T3R2	500	20	25.0	1800	45000.0	4	1800.0	18.0
	T3R2	500	18	27.8	1800	50000.0	4	2000.0	20.0
	T3R3	500	22	22.7	1800	40909.1	4	1636.4	16.4
15/06/2010	T3R2	500	17	29.4	1470	43235.3	4	1729.4	17.3
	T3R2	500	13	38.5	1470	56538.5	4	2261.5	22.6
	T3R3	500	15	33.3	1470	49000.0	4	1960.0	19.6
<b>PESO ALIMENTO KG</b>									<b>271.1</b>

\* La cantidad de alimento destinada para cada semana se prolongó 3 días más, ya que cada muestreo se hizo cada 10 días aproximadamente.

## ANEXO E. Datos recolectados en los muestreos

Fecha de siembra: 26 de abril del 2010, peso inicial promedio por alevín 5,7 g. Se utilizaron nueve jaulas de 4 m<sup>3</sup> cada una (tres tratamientos con tres repeticiones, T: Tratamiento, R: Repetición)

TRATAMIENTO 1: 150 PECES/m<sup>3</sup>

TRATAMIENTO 2: 300 PECES/ m<sup>3</sup>

TRATAMIENTO 3: 450 PECES/ m<sup>3</sup>

FECHA MUESTREO	JAULA N°	PESO MUESTRA (gramos)	N° PECES POR MUESTRA	PESO PROMEDIO (gramos)
08/05/2010	T1R1	500	26	19.2
	T1R2	500	25	20.0
	T1R3	500	25	20.0
	T2R1	500	38	13.2
	T2R2	500	36	13.9
	T2R3	500	31	16.1
	T3R1	500	50	10.0
	T3R2	500	55	9.1
	T3R3	500	45	11.1
15/05/2010	T1R1	500	19	26.3
	T1R2	500	15	33.3
	T1R3	500	23	21.7
	T2R1	500	28	17.9
	T2R2	500	24	20.8
	T2R3	500	26	19.2
	T3R1	500	30	16.7
	T3R2	500	33	15.2
	T3R3	500	35	14.3
26/05/2010	T1R1	500	13	38.5
	T1R2	500	11	45.5
	T1R3	500	15	33.3
	T2R1	500	21	23.8
	T2R2	500	16	31.3
	T2R3	500	18	27.8
	T3R2	500	25	20.0
	T3R2	500	22	22.7
	T3R3	500	21	23.8

FECHA MUESTREO	JAULA N°	PESO MUESTRA (gramos)	N° PECES POR MUESTRA	PESO PROMEDIO (gramos)
06/06/2010	T1R1	500	12	41.7
	T1R2	500	9	55.6
	T1R3	500	10	50.0
	T2R1	500	17	29.4
	T2R2	500	12	41.7
	T2R3	500	14	35.7
	T3R2	500	20	25.0
	T3R2	500	18	27.8
	T3R3	500	22	22.7
15/06/2010	T1R1	500	10	50.0
	T1R2	500	8	62.5
	T1R3	500	8	62.5
	T2R1	500	13	38.5
	T2R2	500	12	41.7
	T2R3	500	12	41.7
	T3R2	500	17	29.4
	T3R2	500	13	38.5
	T3R3	500	15	33.3

Resumen tabla anterior:

TRATA MIENTO	Peso inicial	Peso prom. Muestreo 1	Peso prom. Muestreo 2	Peso prom. Muestreo 3	Peso prom. Muestreo 4	Peso prom. Muestreo 5
T1R1	5.7	19.2	26.3	38.5	41.7	50
T1R2	5.7	20	33.3	45.5	55.6	62.5
T1R3	5.7	20	21.7	33.3	50	62.5
T2R1	5.7	13.2	17.9	23.8	29.4	38.5
T2R2	5.7	13.9	20.8	31.3	41.7	41.7
T2R3	5.7	16.1	19.2	27.8	35.7	41.7
T3R1	5.7	10	16.7	20	25	29.4
T3R2	5.7	9.1	15.2	22.7	27.8	38.5
T3R3	5.7	11.1	14.3	23.8	22.7	33.3

\* Los pesos promedios están dados en gramos

## ANEXO F. Contraste entre el Crecimiento vs. Densidades evaluadas

Fuente		Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
SEMANAS	Esfericidad asumida	9209,999	5	1842,000	179,198	,000
	Greenhouse-Geisser	9209,999	2,442	3771,635	179,198	,000
	Huynh-Feldt	9209,999	5,000	1842,000	179,198	,000
	Límite-inferior	9209,999	1,000	9209,999	179,198	,000
SEMANAS * TTC	Esfericidad asumida	695,560	10	69,556	6,767	,000
	Greenhouse-Geisser	695,560	4,884	142,421	6,767	,002
	Huynh-Feldt	695,560	10,000	69,556	6,767	,000
	Límite-inferior	695,560	2,000	347,780	6,767	,029
Error(SEMANAS	Esfericidad asumida	308,373	30	10,279		
	Greenhouse-Geisser	308,373	14,651	21,047		
	Huynh-Feldt	308,373	30,000	10,279		
	Límite-inferior	308,373	6,000	51,396		

### ANEXO G. Significancia entre las densidades evaluadas

(i) TRATAMIENTO	(j) TRATAMIENTO	Diferencia entre medias	Error típ.	Significancia	Intervalo confianza 95%	
					Límite inferior	Límite superior
150	300	9,3	2,0368	0,009	3,051	15,549
	450	14,472	2,0368	0,001	8,223	20,722
300	150	-9,3	2,0368	0,009	-15,549	-3,051
	450	5,172	2,0368	0,097	-1,077	11,422
450	150	-14,472	2,0368	0,01	-20,722	-8,223
	300	-5,172	2,0368	0,097	-11,422	1,077

Tukey 5%

## ANEXO H. Parámetros de producción

Los principales parámetros de producción registrados en esta investigación, se obtuvieron con base en la metodología propuesta por Teng y Chua (1979), quienes plantean las siguientes formulas:

- A. *Ganancia de peso promedio total (gramos)* =  $W_f - W_o$   
Donde,  $W_f$ : peso promedio por pez al finalizar la investigación  
 $W_o$ : Peso promedio inicial de alevín
- B. *Ganancia de peso promedio día (g/d)* =  $(W_f - W_o) / t$   
Donde,  $W_f$ : peso promedio por pez al finalizar la investigación  
 $W_o$ : Peso promedio inicial de alevín  
 $t$ : tiempo de evaluación en días
- C. *Rata de supervivencia (%)* =  $(N_t / N_o) \times 100$   
Donde  $N_t$ : número de peces sobrevivientes al finalizar la evaluación.  
 $N_o$ : número inicial de peces
- D. *Producción Neta o Biomasa (Kg/m<sup>3</sup>)* =  $(f - o) / v$   
Donde,  $f$ : peso total de peces sobrevivientes  
 $o$ : peso total inicial de los peces  
 $v$ : volumen de la jaula.
- E. *Conversión Alimenticia* =  $Ac / Wg$   
Donde,  $Ac$ : Peso del alimento consumido  
 $wg$ : Peso total de peces sobrevivientes.

Por ejemplo, para el tratamiento 1, resultaron los siguientes parámetros:

**Ganancia de peso promedio total** =  $(58,3 - 5,7) \text{ g.} = 52,6 \text{ gramos/día}$

**Ganancia de peso promedio diaria** =  $\frac{(58,3 - 5,7) \text{ g.}}{50 \text{ días}} = 1,05 \text{ gramos/día}$

**Supervivencia** =  $(1794 / 1800) \text{ peces} \times 100 = 99,7 \%$



$$\text{Biomasa neta} = \frac{(1794 \text{ peces} \times 0,0583 \text{ Kg.}) - (1800 \text{ peces} \times 0,0057 \text{ Kg.})}{12 \text{ m}^3}$$

$$= 7,9 \text{ Kg. /m}^3$$

$$\text{Conversión Alimenticia} = \frac{164 \text{ Kg.}}{(0,0526 \text{ Kg.} \times 1794 \text{ peces})} = 1,6$$

### ANEXO I. Presupuesto para el manejo de nueve jaulas flotantes en el cultivo de tilapia roja, etapa inicial

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO/ UNIDAD	T1 150 Peces/m <sup>3</sup>		T2 300 Peces/m <sup>3</sup>		T3 450 Peces/m <sup>3</sup>	
			CANTIDAD	TOTAL \$	CANTIDAD	TOTAL \$	CANTIDAD	TOTAL \$
<b>COSTOS VARIABLES</b>								
Alevines	Alevines	200	1.800	360.000	3.600	720.000	5.400	1.080.000
Alimento	Kg.	2.250	167	375.300	237	533.025	271	609.975
<b>MANO DE OBRA</b>								
Auxiliar <sup>a</sup>	jornal	30.252	6	181.512	6	181.512	6	181.512
Administración <sup>b</sup>	mensual	9	1,67	27.227	1,67	54.453	1,67	81.680
<b>INSUMO</b>								
Sal marina	Kg.	350	2	700	2	700	2	700
<b>COSTOS FIJOS</b>								
Jaulas <sup>c</sup>	Jaula	16.667	3	50.000	3	50.000	3	50.000
<b>EQUIPO<sup>d</sup></b>								
Balanza	Balanza	3.125	1	3.125	1	3.125	1	3.125
Malla	chinchorro	1.389	1	1.389	1	1.389	1	1.389
Alquiler kit de aguas <sup>e</sup>	Toma de muestra	1.000	3	3.000	3	3.000	3	3.000
baldes	balde	590	2	1.181	2	1.181	2	1.181
Guantes	Guantes	347	2	694	2	694	2	694
Libreta, lápiz, calculadora		7.000	1	2.333	1	2.333	1	2.333
SUB TOTAL				1.006.461	1.551.412		2.015.589	
Imprevistos <sup>f</sup>				50.323	77.571		100.779	
COSTO TOTAL				1.056.784	1.628.983		2.116.368	
COSTO FINAL ALEVÍN				587	452		392	
COSTO KG BIOMASA				10.093	12.157		14.223	

Donde,

Volumen de la jaula: 4 m <sup>3</sup> ,	duración del ciclo: 1, 67 meses
Jaulas por tratamiento: 3;	Alimento al 40% de proteína: \$ 90.000
Total Jaulas: 9,	Administración por alevín: 9,07

Los precios están dados en pesos.

- a. Los jornales del auxiliar son: 3 de aseo, 1 de profilaxis, 2 de muestreos
- b. El costo de administración se baso en el costo de un alevín, basados en que un operario puede manejar hasta 100.000 alevinos u 83 jaulas de 8m3 (Min agricultura, proyecto de ensilaje).
- c. El costo de las jaulas se estimó su valor por depreciación a 5 años o 60 meses.
- d. El costo de los equipos se basaron por depreciación a 24 meses.
- e. El valor de la muestra se hizo dividiendo el valor del alquiler del equipo usado HACH SENSION 156 por el número de jaulas totales, también dividido por el número de tomas.
- f. Los imprevistos se hicieron en promedio al 5% de los costos totales.

El valor asignado al jornal se toma como base del promedio mensual de lo devengado en el último año, LEGIS (2008b)

Los aportes se hacen sobre nómina mensual de salarios que incluye vacaciones y primas; Sentencia 4246, abril 20 de 1993 y Art. 17 Ley 21 de 1982.

**ANEXO J. Parámetros ideales en la calidad de agua para el cultivo de tilapia roja**

<b>PARAMETRO</b>	<b>RANGOS IDEALES</b>
Oxígeno Disuelto (OD)	3 a 10 mg/l
Ozono	0 a 0.005 mg/l
Temperatura	24 a 28 °C
PH	6.5 a 9.0
Dureza (Alcalinidad: CaCO <sub>3</sub> )	10 a 500 mg/l
Magnesio (Mg)	0 a 36 mg/l
Manganeso (Mn)	0 a 0.01 mg/l
Calcio	5 a 160 mg/l
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	0 a 2.0 mg/l
Amonio Total	Hasta 2.0 mg/l
Amonio (NH <sub>3</sub> : no ionizado)	0 a 0.05 mg/l
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	0 a 0.1 mg/l
Fosfatos (PO <sub>4</sub> )	0.5 a 1.5 mg/l
Fósforo Total	0.01 a 3.0 mg/l
Fósforo soluble	0 a 10 mg/l
Sulfuro de Hidrógeno o Ac. Sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	0 a 0.003 mg/l
Acido Cianhídrico (HCN)	0 a 0.1 mg/l
Gas Metano (CH <sub>4</sub> )	0 a 0.15 mg/l
Cadmio en aguas duras	0 a 0.003 mg/l
Cadmio en aguas blandas	0 a 0.004 mg/l
Cloro	0 a 0.003 mg/l
Cobre en aguas duras	0 a 0.03 mg/l
Cobre en aguas blandas	0 a 0.006 mg/l
Cromo (Cr)	0 a 0.03 mg/l
Hierro (Fe)	0 a 0.015 mg/l
Mercurio (Hg)	0 a 0.0002 mg/l
Níquel (Ni)	0 a 0.02 mg/l
Plomo (Pb)	0 a 0.03 mg/l
Turbidez (Disco Secchi)	30 a 40 cm
Sólidos Disueltos	0 a 30 mg/l
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	0 a 500 mg/l
Zinc (Zn)	0 a 0.05 mg/l

Fuente: CANTOR, 2007