

**ESTUDIO DE LA MORTALIDAD EN ALEVINOS DE TILAPIA ROJA
(*Oreochromis sp.*), CULTIVADOS EN JAULAS FLOTANTES POR LA
ASOCIACION PISCICOLA DE SALVAJINA MORALES (ASOPISMO),
DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**

**HENRY JAVIER MUÑOZ GOMEZ
JHON CESAR BERNAL ASTAIZA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2008**

**ESTUDIO DE LA MORTALIDAD EN AEVINOS DE TILAPIA ROJA
(*Oreochromis sp.*), CULTIVADOS EN JAULAS FLOTANTES POR LA
ASOCIACION PISCICOLA DE SALVAJINA MORALES (ASOPISMO),
DEPARTAMENTO DEL CAUCA.**

**HENRY JAVIER MUÑOZ GOMEZ
JHON CESAR BERNAL ASTAIZA**

**Trabajo de grado presentado para optar al titulo de
Ingeniero Agropecuario**

**Director:
GUILLERMO SOTELO
Agrozootecnista,
Especialista en Acuicultura**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2008**

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Guillermo Sotelo
Especialista en acuicultura
Presidente de Tesis

Sandra Morales
Magister Recursos Hidrobiologicos
Presidente de Jurado

Paulo Cesar Gamboa
Magister Recursos Hidrobiologicos
Jurado

Popayán, octubre de 2008

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las siguientes personas e instituciones:

Al Dios altísimo que siempre nos apoya.

Guillermo Sotelo Fernández, especialista en acuacultura

A la asociación piscícola de salvajina morales ASOPISMO y a su representante Edinson Velasco

Al centro regional de producción e investigación del Cauca y la cadena piscícola del cauca

Programa de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad del Cauca

De corazón a Dios en quien he puesto mi confianza, y quien ha sido el apoyo y la luz para alcanzar mis logros, a mis padres Henry y Aura que amo y quienes con esmero me instruyeron y direccionaron por el buen camino, a mis hermanas Lheidy y Karina que me han dado alegría a Juan Andrés quien llena mi corazón de ternura, a toda mi familia y a aquellas personas que aportaron para esta gran felicidad.

HENRY JAVIER MUÑOZ GOMEZ

Primero que todo a Dios y a mi madre Hermila Astiza Córdoba, que a pesar de todos los problemas y adversidades siempre creyó en mí, a mi familia que de una y otra manera me apoyaron y en especial a mi hijo Juan Esteban Bernal para que tenga en mí un ejemplo a seguir y pueda llegar mucho más lejos

JHON CESAR BERNAL ASTAIZA

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCION.	18
1. MARCO TEÓRICO.	20
1.1 GENERALIDADES DE LA PISCICULTURA.	20
1.2. EL CULTIVO DE TILAPIA.	21
1.2.1. Generalidades.	22
1.2.2. Alimentación y clasificación de especies.	23
1.3 Tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.).	24
1.3.1 Clasificación taxonómica.	25
1.4 Parámetros físico químicos para el cultivo de tilapia	26
1.4.1 Temperatura.	26
1.4.2 pH.	26
1.4.3 Oxígeno disuelto.	27
1.4.4 Alcalinidad y dureza.	29

1.4.5 Amonio y Nitritos.	29
1.4.6 Dióxido de carbono.	30
1.4.7 Sólidos en suspensión.	30
1.4.8 Turbidez.	31
1.4.9 Fosfatos.	32
1.4.10 Cloruros y sulfatos.	32
1.2 Cultivo de tilapia en jaulas flotantes.	32
1.3 PRINCIPALES PATOLOGIAS DE ORIGEN INFECCIOSO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS CULTIVADAS EN COLOMBIA.	33
1.6.1. Infección por bacterias.	33
1.6.2 Infección por Flavobacterias.	34
1.6.3 Infecciones parasitarias.	35
1.6.4 Enfermedades micóticas.	37
1.6.5 Otros problemas patológicos:	38
2. METODOLOGÍA.	40
2.1. LOCALIZACIÓN.	40

2.2 ALEVINOS	41
2.3 INSTALACIONES Y EQUIPO	41
2.4. VARIABLES EVALUADAS Y PROCEDIMIENTO	42
2.4.1. Evaluación de las condiciones ecológicas que intervienen en la adaptación de los alevinos de tilapia roja	42
2.4.2. Evaluación de las condiciones biológicas que intervienen en la adaptación de los alevinos de tilapia roja.	43
2.4.3. Evaluación del porcentaje de mortalidad de alevinos de tilapia roja. (<i>Oreochromis</i> sp).	44
2.4.4. Identificación de los posibles factores que están ocasionando el problema	44
3. RESULTADOS Y DISCUSION	46
3.1 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ECOLÓGICAS Y BIOLÓGICAS QUE INTERVIENEN EN LA ADAPTACIÓN DE LOS ALEVINOS DE TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis</i> sp).	46
3.1.1 Historia clínica	47
3.2 ANALISIS PARAMETROS FISICO – QUIMICOS: FACTORES QUE INSIDEN EN LA MORTALIDAD DE ALEVINOS DE TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis</i> sp).	51
3.3 AGENTES PATÓGENOS QUE INFLUYERON EN LA MORTALIDAD.	60

3.3.1 Epidemiología – Patogénesis.	61
3.3.2 Diagnóstico	62
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
4.1 CONCLUSIONES	65
4.2 RECOMENDACIONES	65
5. BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	73

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Evaluación acuícola del Cauca 2002.	21
Tabla 2. Ventajas y desventajas de la producción de tilapia	22
Tabla 3. Rango de Oxígeno en el cultivo de Tilapia.	27
Tabla 4. Factor de corrección para oxígeno disuelto.	28
Tabla 5. Resultados obtenidos en el estudio de una muestra de agua tomada de las jaulas flotantes de la Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO)	51
Tabla 6. Tabla general de medición de temperatura, pH, oxígeno disuelto y dureza a diferentes horas	52
Tabla 7. Tabla específica de mediciones en cada una de las jaulas flotantes de la Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO)	53
Tabla 8. Solubilidad de oxígeno (mg/l) a diferentes temperaturas	55
Tabla 9. Valores de amonio no ionizado NH ₃ a diferentes temperaturas y pH	58
Tabla 10. Mortalidad presentada en las jaulas flotantes de la Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO), durante los primeros 12 Días post – siembra con respecto a la temperatura	63

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Tilapia Roja (<i>Oreochromis sp.</i>)	24
Figura 2. Estación ASOPISMO	41
Figura 3. Embalse La Salvajina	47
Figura 4. Jaulas de recibo para alevinos.	48
Figura 5. Disparidad de tallas y decoloracion en alevinos	49
Figura 6. Representación grafica de la tabla número 4	52
Figura 7. Porcentaje de saturacion de oxigeno disuelto.	55
Figura 8. Comparacion de Oxigeno disuelto Vs Temperatura a diferentes horas	56
Figura 9. Gráfico del modelo ajustado indicando la dependencia de Oxigeno disuelto con respecto a la Temperatura	57
Figura 10. Comportamiento de la alcalinidad y la dureza con respecto al pH.	59
Figura 11. <i>Trichodina sp.</i>	61
Figura 12. Corte Histológico a bajo y mayor aumento de las branquias de alevinos de tilapia en diferentes estadios de degeneración celular originada por la presencia de <i>Trichodina sp.</i>	62
Figura 13. Modelo lineal para describir la relación entre mortalidad y Temperatura.	64

GLOSARIO

CONFORT: aquello que produce bienestar y comodidades.

RANGO: amplitud de la variación de un fenómeno entre un límite menor y uno mayor claramente especificados.

TELEOSTEO: pez que tiene el esqueleto completamente osificado

ANOREXIA: enfermedad fisiológica consistente en la disminución del apetito.

OSMORREGULACIÓN: regulación de líquidos al interior del cuerpo

ASFIXIA: dejar de afluir oxígeno por una obstrucción.

NECROSIS: muerte patológica de un conjunto de células o de cualquier tejido del organismo,

EPIZOOTIAS: enfermedad contagiosa que ataca a un número inusual de animales al mismo tiempo y lugar y se propaga con rapidez

BAÑOS PROFILÁCTICOS: tratamiento que se realiza para prevenir la aparición de una enfermedad

TRICHODINA: parásito ciliado, perteneciente a los protozoos. Puede atacar cualquier parte del cuerpo, teniendo preferencia por ubicarse en las aletas.

PARÁMETRO: Factor que se toma para analizar o valorizar una situación.

RESUMEN

La tilapia roja *Oreochromis sp.*, hace parte del cultivo mas representativo de las aguas tropicales por considerarse la segunda especie mas cultivada a nivel mundial, de allí su importancia económica. Además, que de toda la producción nacional, un alto porcentaje se cultiva por pequeños y medianos productores. Es por ello que con este trabajo se busco estudiar la mortalidad presente en las jaulas flotantes de la asociación piscícola de salvajina morales, ASOPISMO, sin intervenir en sus métodos de producción. El estudio se realizo con 3600 alevinos de tilapia roja distribuidos en cuatro jaulas de 1.5 m³ cada una. Durante un periodo de 15 días (llamado periodo critico) que es durante el cual se presenta la mortalidad. Se evaluaron condiciones ecológicas, biológicas, parámetros físico químicos e histopatológicos, a fin de identificar los posibles factores que están ocasionando la mortalidad de los peces.

Se encontró la temperatura como uno de los factores incidentes al obtener con un 95% de confianza que la media real en el agua del embalse se encuentra entre 22,4963 y 23,4537 °C, y siendo la temperatura confort entre 24 y 30 °C, lo cual puede indicar la influencia de este parámetro en la salud de lo peces, la temperatura condiciona los valores de otros parámetros de calidad de agua, al igual que la diseminación de patógenos.

La sintomatología que presentaron los peces afirmaron la presencia de trichodina, quienes a cambios bruscos de temperatura tienden a expandirse en el huésped, adicional a esto algunas practicas de manejo provocaron para este estudio una mortalidad del 20% durante los primeros 12 días. En las condiciones de esta producción se puede señalar que cambios en el manejo de los animales pueden mejorar la producción de esta explotación.

ABSTRACT

The red tilapia *Oreochromis sp.* Is part of the crop more representative of the tropical waters, being a species that is considered the second most cultivated worldwide, hence its importance. In addition, all of which domestic production, a high percentage is grown by small and medium producers. That is why this job is looking to explore mortality in floating cages of the association of fish salvajina morales ASOPISMO, without being involved in their production methods. The study was conducted with 3600 red tilapia fingerlings in four crates of 1.5 m³ each. During a period of 15 days (so-called critical period) during which it is presented mortality. We assessed ecological, biological, chemical and histological physical parameters in order to identify possible factors that are causing the fish mortality.

We found the temperature as one of the incidents to get with a 95% confidence that the actual average in the water reservoir is located between 22.4963 and 23.4537 ° C, and being comfortable temperature between 24 and 30 degrees C, This may indicate the influence of this parameter on the health of the fish, the temperature determines the values of other parameters of water quality, like the spread of pathogens

The symptoms showed that the fish said the presence of Trichodina, who in sudden changes in temperature tend to expand into the host, in addition to some management practices that led to this study a mortality of 20% during the first 12 days. Under the conditions of this production can be noted that changes in the handling of animals can improved the production of this farm.

INTRODUCCION

El cultivo de tilapia es considerado como la cría de peces más importante y representativa de las aguas tropicales. La tilapia es la segunda especie de peces más cultivada a nivel mundial, y es el tercer producto pesquero que más importan los Estados Unidos de Norteamérica. En este sentido, es evidente la importancia del cultivo de tilapia como actividad económica, fundamentalmente en los países del tercer mundo de donde proviene la mayor parte de la producción, destacando Taiwán, China e Indonesia entre los países asiáticos, así como Ecuador, Costa Rica, Honduras, Jamaica, Panamá y Colombia entre los latinoamericanos¹.

La producción nacional de peces de cultivo concierne principalmente a las especies de tilapia, trucha y cachama, cuya participación conjunta durante los últimos 12 años ha sido del 96,3% del total de la piscicultura, y el 65,3% de la producción acuícola. En particular, la producción de tilapia ha aportado el 49% de la actividad piscícola, de ahí la importancia de la producción de esta especie y además el aumento considerable de la producción nacional acuícola en las últimas décadas, con un promedio de 16.4%, hace que se considere un renglón importante de la producción²

En su gran mayoría las explotaciones piscícolas nacionales son de pequeños y medianos productores, que generan su propio empleo y el de su familia. En el año 2004 se consideró que el nivel de empleo de la piscicultura aumentó a 11.244 empleos acorde con el leve incremento que tuvo la producción bruta de esa cadena³

La Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO) es una fuente generadora de empleo y de donde la mayoría de las familias que la integran mejoran sus ingresos económicos y su nutrición con proteína de alta calidad a un precio más cómodo, sin embargo, durante los últimos años ha afrontado graves problemas de mortalidad de alevinos cultivados en jaulas flotantes. Al no tener una evaluación donde se redefinan las causas que provocan la mortalidad, se hace pertinente realizar un estudio de la mortalidad de alevinos de tilapia roja,

¹ CASTILLO, Campo Luis. Tilapia roja: una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después 2006.

² FAO. El papel de la acuicultura en la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. 2003.

³ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Observatorio de agrocadenas... Acuerdo de Competitividad de la Cadena de la Piscicultura en Colombia. Bogotá. 2006

para saber qué factores están afectando la sobre vivencia de los animales, con el fin de buscar posibles soluciones que mejoren el sistema productivo y la rentabilidad del negocio.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DE LA PISCICULTURA

Después del arroz, los productos forestales, la leche y el trigo, los peces son el quinto producto agropecuario más importante y el mayor recurso de proteína animal disponible para los humanos, ya que proveen el 25% de la proteína animal en países desarrollados y más del 75% en los países en vía de desarrollo. Desde los años 70 la producción acuícola ha crecido sustancialmente contribuyendo enormemente a la seguridad alimentaria mundial, y de la cual las tilapias son el segundo grupo de peces más producidos por la acuicultura mundial, con una contribución a la producción de aproximadamente el 20% (1.000.000 de toneladas métricas a partir del año 2000) del volumen total de peces. El continente asiático continúa dominando la producción acuícola mundial, de los 14 países considerados líderes en la acuicultura, 9 son asiáticos: China, India, Japón, Indonesia, Tailandia, Bangladesh, Corea del Sur, Filipinas y Taiwán⁴

En Colombia la producción de peces de cultivo concierne principalmente a las especies de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y cachama (*Piaractus brachyipomus*), cuya participación conjunta durante los últimos 12 años ha sido del 96,3% del total de la piscicultura, y el 65,3% de la producción acuícola. En particular, la producción de tilapia ha participado con el 49% de la actividad piscícola, mientras la cachama (*Piaractus brachyipomus*) y la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) han constituido el 31 y 16%, de manera respectiva. El 4% restante se ha destinado a otras especies como el bocachico (*Prochilodus sp.*), la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*), el yamú (*Bricon amazonicus*), etc., las cuales se producen como acompañante de tilapia, trucha y cachama⁵

⁴ CASTILLO CAMPO, Luis. La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Cali: Asociación Red del Cauca., 2001. 20 p.

⁵ FAO, op.cit., 2003

Con respecto a la dinámica de producción piscícola, entre los años de 1989 y 2002 creció a un ritmo acelerado, pasando de 2.650 Tn. A 28.530 Tn. El crecimiento anual en este lapso fue del 16,4%, cifra bastante significativa si tenemos en cuenta que la población Colombiana creció a una tasa inferior al 2% anual. En relación al consumo nacional de pescado, éste ha crecido significativamente durante los últimos 10 años, a una tasa del 5,9% anual, y en términos ilóticos en 4,1%. Es decir, mientras el consumo por habitante en 1995 fue inferior a 800 gramos y se aproximó a los 1,2 kilos en 1998, y en el año 2004 fue de 1,38 Kg⁶.

En el departamento del Cauca se ha notado un gran potencial de producción piscícola gracias a la riqueza hídrica con que se cuenta, aunque los aportes no son tan representativos en la producción nacional se han llevado a cabo explotaciones que permiten abastecer las diferentes regiones del departamento. La producción departamental para el año 2002 (cuadro 1) se ve representada en mayor proporción por la tilapia roja (*Oreochromis sp*)⁷.

Tabla 1. Evaluación acuícola del Cauca 2002.

ESPECIES PISCICOLAS EXPLOTADAS EN EL DEPARTAMENTO	PESO TOTAL	ANIMALES	ANIMALES	PESO	COMERCIALIZACION			
	COSECHA	SEMBRA	COSECHA	PROM	DESTINO		PRESENT	CANTIDAD
	(Kg.)	DOS	DOS	(grs.)	NAC.	LUGAR	EXP.	(Kg.)
CACHAMA	115.735	231.129	189.017	612	X	CAUCA	ENTERO	91.454
CARPA ROJA	34.470	154.898	132.680	260	X	CAUCA	EVICERADO	27.249
MOJARRA	4.314	11.930	11.820	365	X	CAUCA	ENTERO	1.597
MOJARRA PLATEADA	10.000	13.200	12.480	801	X	CAUCA	ENTERO	10.000
TILAPIA NILOTICA	19.202	78.885	78.122	246	X	CAUCA	ENTERO	14.576
TILAPIA ROJA	692.560	1.998.969	1.998.086	347	X	CAUCA	ENTERO	663.346
TRUCHA ARCO IRIS	195.637	815.638	752.440	260	X	VALL	EVICERADO	184.065

Fuente: Merino, *et al* 2006.

1.2. EL CULTIVO DE TILAPIA

A partir de la década de los 80 la tilapia roja (*Oreochromis sp*) se ha convertido en punta de lanza para el desarrollo acelerado de la piscicultura comercial en países suramericanos sin tradición acuícola como: Colombia (introducida en

⁶ MARTÍNEZ, S; ACEVEDO, R. Colombia acuicultura en desarrollo: Panorama Acuícola. SI: s.n, 2004.

⁷ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, op. Cit.,p.10.

1982), Venezuela (introducida en 1989) y Ecuador (introducida en 1993) en forma casi simultánea con países centroamericanos, caribeños y norteamericanos⁸

Los departamentos con mayor producción de tilapia son: Huila (21%), Meta (14%), Valle (12%), Putumayo (11%) Tolima (10%), Antioquia (9%), Santander (7%), Cundinamarca (4%) y Casanare (4%). El restante 8% de la producción nacional se distribuye en los demás departamentos, siendo el Cauca una región con un gran potencial de producción⁹.

1.2.1. Generalidades. La tilapia es un pez teleosteo del orden perciforme, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento. Presentan una gran resistencia física, un crecimiento acelerado, alta productividad, adaptación al cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos y carne de excelente calidad¹⁰.

Las tilapias son peces endémicos, originarios de África y el Lejano Oriente, donde se inició su investigación a comienzos del siglo XIX. Aprovechando sus características y adaptabilidad se consideró la especie ideal para la piscicultura rural. El 98% de toda la producción se realiza fuera del ambiente normal de las tilapias, recibiendo el sobrenombre de las “gallinas acuáticas”, ante la “aparente facilidad de su cultivo” soportado en su fácil reproducción, alta resistencia a enfermedades, alta productividad, rusticidad para su manejo, generalmente herbívoras alguna veces omnívoras y alta adaptabilidad a diferentes condiciones del medio. Las tilapias cultivadas habitan por lo general en aguas lénticas (poca corriente), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas donde se alimentan y reproducen, las ventajas de su explotaciones relacionan a continuación.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la producción de tilapia.

Ventajas	Desventajas
-Alto porcentaje de crecimiento, crece más rápido a talla comercial que otras especies de la familia, supera fácilmente los 500 grs.	-Su cosecha no es muy sencilla requiere bastante labor hora/hombre. -Una vez se reproducen en los sitios

⁸ CASTILLO. Op.cit., 2006

⁹ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, op. Cit.,p.9

¹⁰ GONZÁLEZ, et al. Características y perspectivas del cultivo de la tilapia. Profauna, 2005.

-Logran tallas más grandes en la primera reproducción.
-Hábitos alimenticios variados.
-Fácil adaptabilidad al impacto del medio ambiente.
-Existen líneas especiales resistentes a aguas salobres y saladas.
-Crece y se reproduce en temperaturas por encima de 19 °C.
-Permite inducciones sexuales hasta del 100% machos.
-Por su coloración y comportamiento, no es tan fácilmente susceptible a la ilóticos por aves.

de engorde, es muy difícil erradicarla, y ocasiona fácilmente sobrepoblamiento.

-No responde muy bien en medios de cultivo salino y marino.

-Se debe trabajar con líneas de alta pureza genética, para evitar la enorme disparidad de tallas.

Fuente: Castillo, 2001.

1.2.2. Alimentación y clasificación de especies. Todas las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o bien de pequeños invertebrados o son piscívoros. Debido a la diversidad de alimentos que varían desde vegetación macroscópica (pastos, hojas, plantas sumergidas) hasta algas unicelulares y bacterias, los dientes también muestran variaciones en cuanto a dureza y movilidad. A pesar de la heterogeneidad en relación a sus hábitos alimenticios y a los alimentos que consumen, las tilapias se pueden clasificar en tres grupos principales:

- **Especies omnívoras:** *O. mossambicus* es la especie que presenta mayor diversidad en los alimentos que ingiere. *O. niloticus*, *O. spilurus* y *O. aureus* presentan tendencia hacia el consumo de zooplancton.

- **Especies fitoplanctófagas:** *O. macrochir* se alimentan principalmente de fitoplancton (algas microscópicas). *O. alcalicus* consume algas que crecen sobre la superficie de las piedras y rocas.

- **Especies herbívoras:** *T. rendalli*, *T. sparmanni* y *T. zilli*. Consumen vegetación macroscópica. Los requerimientos nutricionales al igual que los hábitos alimenticios de los juveniles difieren considerablemente de los adultos. Los

juveniles casi siempre son zooplanctófagos (mayor requerimiento de proteína) y posteriormente su alimentación se vuelve fitoplanctófaga o detritívora¹¹

1.3 Tilapia roja (*Oreochromis sp.*). La tilapia roja (mojarra roja) figura 1, es un pez relativamente nuevo en nuestro País. La mayor distribución mundial de los cíclidos se localiza entre los trópicos de cáncer y capricornio en América desde México, Centro y Suramérica hasta el río de la Plata. Son de hábitos omnívoros, fitófagos, con tendencia a carnívoros. La mojarra roja es el producto de cruces de cuatro especies de tilapia, tres de ellas de origen africano y una cuarta israelita, así:

Oreochromis niloticus x *Oreochromis mosambicus* x *Oreochromis urolepis hornorum* x *Oreochromis aureus*.

El cruce selectivo permitió la obtención de un pez cuya coloración fenotípica puede ir desde el rojo cereza hasta el albino, pasando por el animal con manchas negras o completamente negro. Existen otras variedades de mojarra roja producto de diferentes cruces. Actualmente el País produce carne de tilapia roja (mojarra roja) a una densidad promedio de 15 peces por metro cuadrado¹²

Figura 1. Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*).



Fuente: Los Autores

Los cíclidos son peces de aguas tropicales que tienen un rango de temperatura en el que se obtienen mayores rendimientos de crecimiento que esta entre 24 y 30°C

¹¹ CEBALLOS, Leonardo. Estado actual de la piscicultura en el sur de la Amazonía colombiana. Putumayo: Corpoamazonia, 2006. 8 p

¹² PISCICULTURA: Cría de peces. Bogotá D.E. 2001. p 4

viéndose afectado el crecimiento cuando la temperatura desciende por debajo de los 15 °C y si ésta se acerca a los 9 °C su muerte es inminente. Son peces rústicos resistentes a medios adversos con bajas concentraciones de oxígeno por cortos periodos de tiempo y toleran cambios de temperatura. Así mismo en ambientes naturales se alimentan principalmente de fitoplancton y zooplancton y en estado juvenil también consumen larvas de insectos, aceptan fácilmente concentrados comerciales y también alimentos suplementarios como hojas de yuca y harinas. Uno de los problemas que presenta esta especie es que se reproducen a partir de los dos meses de edad, teniendo entre 6 a 9 desoves por año. Cada hembra produce de 2000 a 3000 huevos por kilogramo de peso, los cuales 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, es por esto que se realizan producciones monosexo de solo machos, quienes son los que presentan mayor crecimiento¹³.

1.3.1 Clasificación taxonómica. Según Trewavas¹⁴, citado por Lim y Webster la clasificación taxonómica de la tilapia roja es:

Reino:	Animal
Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Clase:	Teleostomi
Superclase:	Actinopterygii
Superorden:	Acanthopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Genero:	Oreochromis
Especie:	<i>Oreochromis sp.</i>
Nombre común:	tilapia roja, mojarra roja.

¹³ HEPHER, B Y PRUGININ, C. Cultivo de peces comerciales. Zaragoza, España: Limusa, 1987. P. 94

¹⁴ LIM, Chhorn y WEBSTER, Carl. Tilapia, Biology, cultura and nutrition. New York, Unites States: Food Products Press, 2006. p. 3.

1.4 Parámetros físico químicos para el cultivo de tilapia.

1.4.1 Temperatura: La temperatura del agua influye sobre la fisiología de los peces (respiración, digestión, excreción, alimentación y actividad muscular); simultáneamente, la temperatura también rige sobre las condiciones físicas y químicas del agua. Es importante no olvidar que los peces no tienen la capacidad de regular su propia temperatura corporal, para ello dependen totalmente de la temperatura del medio en que se encuentren. En los lagos grandes y profundos existe una marcada diferencia entre la capa superficial y el fondo.

La temperatura es importante porque se relaciona con otros procesos:

- Afecta el estado de confort de los peces, cada especie tiene un rango de tolerancia y un rango ideal para su desarrollo.
- Determina el consumo del alimento; fuera del rango óptimo, el consumo se deprime o es nulo.
- Determina el consumo de oxígeno. Con el incremento de la temperatura se incrementa el consumo; en consecuencia, la solubilidad del oxígeno se disminuye.
- La temperatura influye también en los procesos de producción biológica del medio y repercute en la cantidad de alimento natural propio del mismo.

Cada especie debe encontrarse en un rango de temperatura de confort, para que se desarrolle y exprese todo su potencial de producción.

El rango de confort para la tilapia (*Oreochromis sp*) se encuentra entre 24 a 30 °C.
¹⁵

1.4.2 pH: El pH del agua indica si ésta hará una reacción básica o ácida, con relación al punto neutro de un pH de 7,0. El pH de las aguas de acuicultura normalmente fluctúa en un ciclo diurno, influenciado principalmente por el CO₂, la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza.

El rango de pH ideal para la producción de tilapia se encuentra en valores cercanos a 7.5. Valores fuera de este rango ocasionan aletargamiento, disminución en la reproducción y el crecimiento.

¹⁵ HEPHER, B Y PRUGININ, C. Cultivo de peces comerciales. Zaragoza, España: Limusa, 1987. P. 94

Los niveles extremos de pH pueden causar condiciones de estrés ácidas, temprano en la mañana y condiciones de estrés alcalinas en la tarde. Para mantener el pH en el rango ideal, es necesario encalar cuando esté ácido o hacer recambios fuertes de agua y fertilizar cuando este se torna alcalino. En aguas abiertas, no existen medios prácticos para rectificar el pH y la alcalinidad¹⁶.

1.4.3 Oxígeno disuelto: El Oxígeno Disuelto (OD) presente en un ecosistema de acuicultura está determinado como el parámetro más importante en la calidad de agua. Si no hay una buena concentración, los peces son vulnerables a enfermedades, a parásitos o a morir por asfixia.

El oxígeno entra naturalmente a las aguas abiertas, mediante la fotosíntesis (90 a 95%), por difusión de aire (más efectivo cuando es ayudado por la agitación en la superficie) y por el agua que entra. El oxígeno sale de las aguas estancadas de acuicultura mediante la respiración del plancton, por respiración de los peces, respiración de los microorganismos del fondo y por difusión¹⁷.

Su grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y pH, su rango óptimo se encuentra por encima de 4 ppm. Existe una estrecha relación entre la concentración de oxígeno y la temperatura. En las noches los niveles de oxígeno pueden descender a menos de 2 ppm razón por la cual los peces reducen el metabolismo. Este parámetro debe ser observado para determinar la densidad de siembra previendo así el recambio de agua necesario o la aireación suplementaria¹⁸. En la tabla 3 se enumeran los rangos de presencia de oxígeno.

Tabla 3. Rango de oxígeno en el cultivo de tilapia

Ppm	Efecto
0 – 0.3	Los peces quedan pequeños sobreviviendo cortos periodos.

¹⁶ PISCICULTURA, Op cit., 2001

¹⁷ FINCA, Piscicultura, manual de producción. 2003. p.3

¹⁸ PISCICULTURA, Op cit., 2001

0.3 – 2	Letal en exposiciones prolongadas.
3 - 4	Los peces crecen lentamente.
> 4.5	Rango deseable para un buen crecimiento

Fuente: Solla, 2005.

- Saturación del Oxígeno Disuelto:** El Porcentaje de Saturación es la cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua comparada con la cantidad máxima que podría estar presente a la misma temperatura, por ejemplo, se dice que el agua está saturada en un 100% si contiene la cantidad máxima de oxígeno a esa temperatura. Una muestra de agua que está saturada en un 50% solamente tiene la mitad de la cantidad de oxígeno que potencialmente podría tener a esa temperatura. A veces, el agua se supersatura con oxígeno debido a que el agua se mueve rápidamente. Esto generalmente dura un período corto de tiempo, pero puede ser dañino para los peces y otros organismos acuáticos. Los valores del Porcentaje de Saturación del OD de 80-120% se consideran excelentes y los valores menores al 60% o superiores a 125% se consideran malos. El Porcentaje de Saturación del Oxígeno Disuelto depende de la temperatura del agua y la elevación del sitio donde se toma la muestra de agua¹⁹. Para ello se determina un factor de corrección que se encuentra en la tabla 4.

Tabla 4. Factor de corrección para oxígeno disuelto.

Presión Atmosférica (mmHg)	Altitud Equivalente (pies)	Factor de Corrección
775	540	1.02
760	0	1.00
745	542	.98
730	1094	.96
714	1688	.94
699	2274	.92
684	2864	.90
669	3466	.88
654	4082	.86
638	4756	.84
623	5403	.82

¹⁹ CIESE. Center for innovation in engineering and science education. Pruebas para las muestras de aguas. 1999.

608	6065	.80
593	6744	.78
578	7440	.76
562	8204	.74
547	8939	.72
532	9694	.70
517	10,472	.68

Fuente: CIESE, 1999

1.4.4 Alcalinidad y dureza: Los parámetros de alcalinidad y dureza no causan un efecto directo sobre los peces, pero si sobre la productividad del agua. La alcalinidad se considera adecuada y propicia para enriquecer dicha productividad cuando su valor se aproxima a los 75 mg CaCO₃/l.

Aguas con baja alcalinidad <15 ppm, no son aptas para la acuicultura, debido a:

- Son tan ácidas que tienen un efecto negativo en la producción de los peces (incremento de la biomasa).
- La producción de fitoplancton está limitada, con tendencia a causar la muerte del plancton.
- Las fluctuaciones del pH y los factores relacionados pueden generar síndrome de bajo OD por muerte del plancton.

Mientras que la dureza debe tener un valor cercano a los 60 ppm.

1.4.5 Amonio y Nitritos: El total del nitrógeno de amonio en los ecosistemas acuícolas es un producto del metabolismo de la proteína del alimento por parte del pez y de la descomposición bacteriana de la materia orgánica.

El amoniaco en el agua se presenta bajo 2 formas: amoniaco no ionizado (NH₃), que es tóxico y el ion amoniaco (NH₄) que no es tóxico, a menos que su concentración sea demasiado alta. Los niveles tóxicos del amoniaco no ionizado en exposiciones de corta duración están entre 0,6 y 2 mg/l. Los efectos letales se

manifiestan en valores entre 0,1 y 0,3 mg/l, niveles tan bajos como 0,1 ppm son estresantes aún cuando la exposición sea breve.

Los valores de amonio deben fluctuar entre 0.01ppm a 0.1 ppm, valores cercanos a 2 ppm son críticos²⁰

Los valores de nitritos son necesario mantenerlos en concentraciones por debajo de 0.1 ppm, haciendo recambios fuertes, limitando la alimentación y evitando las concentraciones altas de amonio en el agua²¹

1.4.6 Dióxido de carbono: El dióxido de carbono tiene importancia en acuicultura debido a que es esencial para la fotosíntesis e influye en el pH del agua. La concentración de confort del CO₂ normalmente fluctúa entre 0 y 20 ppm de CO₂ "libre" en un ciclo de 24 horas, con los índices menores durante las horas de la fotosíntesis²².

Puede llegar a ser tóxico, aunque los peces pueden tolerar concentraciones altas de este gas siempre que el nivel de Oxígeno disuelto sea alto. El CO₂ penetra las aguas de acuicultura mediante los productos de desechos de la respiración y la descomposición aeróbica de la materia seca. La difusión del CO₂, dentro de las aguas provenientes de la atmósfera es relativamente insignificante.

Las concentraciones de CO₂ en las aguas estancadas normalmente son mayores al amanecer, pero pueden ser anormalmente altas durante el tiempo nublado y especialmente después de movimientos de agua y muerte del fitoplancton²³

1.4.7 Sólidos en suspensión: Los sólidos en suspensión aumentan la turbidez en el agua disminuyendo el oxígeno disuelto en ella y de acuerdo a la concentración se clasifican las aguas en:

Limpias: Cuando su concentración en sólidos es menor a 25mg / litro.

Semilimpias: Cuando la concentración se encuentra entre 25 – 100 mg/ litro.

²⁰ PISCICULTURA, Op cit., 2001

²¹ SOLLA S: A. Aguas cálidas. Buga (Valle del Cauca): Solla S.A, 2005. 80 p

²² FINCA, Op cit., 2003. p.3

²³ Ibid., p 3

Lodosos: Si la concentración es superior a 100 mg / litro²⁴

1.4.8 Turbidez: La turbidez en el agua está dada por material en suspensión y varía dependiendo de la naturaleza (mineral u orgánico), tamaño y cantidad de partículas²⁵

La turbidez puede corresponder a material orgánico, que son seres planctónicos (conjunto de organismos microscópicos vegetales y animales) condición necesaria en la piscicultura de aguas cálidas, principalmente en las etapas iniciales (hasta los 30-50 gramos). Si la turbidez corresponde a material mineral, se refiere a material coloide en suspensión que NO es benéfico porque impide la penetración de la luz y no aporta alimento alguno. Los rayos solares son fuente de energía esencial para todos los seres vivos y especialmente para las algas, principales constituyentes del fitoplancton

La turbidez limita la habilidad de los peces para capturar el alimento concentrado y, por consiguiente, se irá al fondo del estanque incrementando la cantidad de materia orgánica

La profundidad de la visibilidad en el agua puede estar influenciada por el "sedimento", incluyendo o excluyendo al fitoplancton. La sedimentación puede ser ignorada, en caso de ser una condición temporal.

En aguas con sedimento, es menor el potencial de producción y aumenta el riesgo de una mala producción, a medida que sean más bajas las profundidades de visibilidad. Las aguas persistentemente sedimentadas no son recomendables para acuicultura. El cultivo de peces mediante el sistema de jaulas no debería ser ni siquiera intentado en aguas crónicamente sedimentadas y con una visibilidad menor a 40 cm²⁶

²⁴ SOLLA, Op cit., 80 p

²⁵ PULIDO B, Edgar. Principales patologías de origen infeccioso de las especies piscícolas cultivadas en Colombia. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, 2000. 15 p.

²⁶ FINCA, Op cit., 2003. p.3

1.4.9 Fosfatos: El valor de los fosfatos debe fluctuar entre 0.6 y 1.5 ppm como PO₄. y tener en cuenta que la toxicidad aumenta a menor valor de pH²⁷

1.4.10 Cloruros y sulfatos: El límite superior para cada uno es de 10 ppm (cloruros) y 18ppm (sulfatos)²⁸

1.5 Cultivo de tilapia en jaulas flotantes. El cultivo en jaulas podría definirse como la engorda de peces desde estadios juveniles hasta tallas comerciales en un área restringida y delimitada por mallas que permiten el libre flujo de agua. En el caso de la tilapia, las primeras experiencias de su cultivo en jaulas se realizaron hace apenas unos 15 años, habiéndose generalizado su uso en forma gradual en diferentes países de África, Asia y América. La principal ventaja del cultivo de la tilapia en jaulas consiste en poder aprovechar diversos ríos y embalses de aguas calidas que por su naturaleza y dimensiones o características no podrían ser utilizados sin modificar su cauce, forma o construcción²⁹

Las especies de tilapia que se han cultivado en jaulas son las siguientes: *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus* y *O. hornorum*, así como sus híbridos, y *O. rendalli* en aguas dulces. El cultivo en jaulas se puede efectuar tanto a escala comercial como a nivel de subsistencia familiar, principalmente en zonas tropicales y subtropicales donde la temperatura del agua sea superior a 25°C³⁰

Para la producción de peces en jaulas se deben tener en cuenta las siguientes condiciones: abundante circulación de agua, protección contra objetos flotantes, protección contra los efectos del oleaje, adecuada calidad de agua, accesibilidad, seguridad, cercanía al mercado, densidades de siembra de 100 a 200 animales por metro cúbico, profundidad máxima de 5 metros, y una profundidad del agua de 10 a 15 metros, ausencia de plantas acuáticas y algas en el sitio de instalación de las jaulas³¹

²⁷ SOLLA, Op cit., 80 p

²⁸ Ibid., 80 p

²⁹ ESPEJO, Carlos. Cultivo de tilapia roja en jaulas: tecnología en Colombia Pasto: s.n. 1999.

³⁰ SOLLA, Op cit., 80 p

³¹ MERINO, et al. Guía práctica de piscicultura en Colombia: Aspectos técnicos de la piscicultura... Bogotá D.C: INCODER, 2006. 81 p.

1.6 PRINCIPALES PATOLOGIAS DE ORIGEN INFECCIOSO DE LAS ESPECIES PISCÍCOLAS CULTIVADAS EN COLOMBIA.

1.6.1. Infección por bacterias. Las bacterias suelen presentar tres formas principales, esférica (cocos), de bastoncillo (bacilos), y espiral (espirilus). pueden ser autótrofas o heterótrofas, así como aerobias o anaerobias, y la mayoría tienen el óptimo desarrollo en condiciones neutras:

- **Infección por *Aeromonas* móviles (Septicemia por *Aeromonas* móviles- SAM):** La septicemia hemorrágica por *Aeromonas* móviles es una entidad que puede ser inducida por varias especies de este género bacteriano, entre ellas *A. hydrophila*, *A. caviae* y *A. sobria*. Son microorganismos Gram negativos que habitan el medio acuático y hacen parte de la microflora gastrointestinal normal de muchos peces de agua dulce, también afectan al humano.

Los brotes de enfermedad por *Aeromonas sp.* por lo general están asociados a serios desordenes en el ambiente de los peces. Dentro de los principales factores ambientales implicados en el desencadenamiento de la septicemia por *A. hydrophila* se encuentran: la alta densidad de los animales, la manipulación, las altas temperaturas, cambios extremos de temperatura durante el día y la noche, bajo oxígeno disuelto, altos nitritos, alto amonio, susceptibilidad del hospedero y la virulencia del patógeno. Algunos parámetros físicos y nutritivos del agua como conductividad, pH, temperatura, potencial redox, fosfatos, nitratos y concentración de carbono orgánico total parecen incrementar la sobrevivencia de *A. hydrophila* y favorecer su distribución en el ambiente acuático³²

- **Infección por *Edwardsiella tarda*:** La enfermedad inducida por la *Edwardsiella tarda* es una entidad económicamente importante por ser causante de serias pérdidas. Los reptiles y anfibios son portadores frecuentes. También induce enfermedad en el striped bass, goldfish, carpa común, grass carp, salmón chino, largemouth bass, tilapia nilótica, striped mullet, japanese flounder, yellow tail, red sea bream y crimson sea bream. La infección se asocia con contaminación orgánica. En estanques de catfish la mortalidad es usualmente baja y crónica (< 5%), pero si los peces son estresados, las mortalidades pueden ser altas.

³²Pathak, S.P, et al. Seasonal distribution of *Aeromonas hydrophila* in river water and isolation from river fish, citado por PULIDO. Op cit., p2

En nuestra acuicultura, se afectan principalmente alevinos muy jóvenes de tilapia roja, éstos presentan alta susceptibilidad al manejo corriente, en los que aumenta severamente la mortalidad, hasta el 90%. La transmisión y la fuente de la infección durante los brotes en peces son inciertas, aunque se sabe que la infección permanece dormida en los tejidos del pez. Las aves carroñeras pueden ser también importante fuente de infección.

- **Infección por *Streptococcus sp*:** La signología principal tiene que ver con alteraciones en el comportamiento y nado anormal, errático (en círculos), rigidez y curvamiento del dorso de los animales; con menor frecuencia se presentan signos como letargia ó indiferencia al medio, dificultad respiratoria y dilatación abdominal. Estos signos se acompañan de manera frecuente con exoftalmia uní ó bilateral y opacidad corneal. En general, la apariencia externa de los peces no suele estar afectada; sin embargo, ocasionalmente se encuentra erosión de las aletas, pequeños nódulos blanquecinos en la base de estas y coloración rojo pálida de las branquias.

Internamente se observa de manera predominante palidez hepática, contenido mucoso pardo-rojizo en el intestino, leve a severa deposición de un material fibrinoso en el epicardio y una apariencia pardusca ó hemorrágica del contenido retrobulbar y perimeníngeo. Las temperaturas constantes y superiores a 32°C, altas densidades y altas concentraciones de materia orgánica son considerados factores de riesgo importantes para el desarrollo de la estreptococosis.

1.6.2 Infección por Flavobacterias.

- **Infección por *Flavobacterium (Flexibacter) columnaris*:** es el miembro más prevalente del grupo, tiene distribución mundial y probablemente puede infectar la mayoría de peces de agua dulce. Se reportan lesiones tanto de la piel como en las branquias de tilapias cultivadas. Puede infectar rápidamente una población y causar grandes mortalidades, la temperatura del agua y la virulencia de la cepa son los factores determinantes más importantes de la severidad de la enfermedad.

La *Flavobacterium columnaris* usualmente es patógena por encima de los 15⁰ C, tanto la mortalidad como la agudeza de la enfermedad aumentan con la temperatura. La enfermedad puede ocurrir a menos de 15 grados centígrados

pero es menos severa. Los mecanismos de virulencia no son claros pero el contenido mineral del agua es importante. La *F. columnaris* es menos patógena en aguas blandas y pH bajo. Experimentalmente se han demostrado diferencias en la virulencia de las cepas, ésta se correlaciona con la presencia de proteasas y componentes externos del glicocálix los cuales contribuyen a la adhesión del microorganismo al hospedero.

Algunos factores de riesgo son el daño físico (lesiones por redes), bajo oxígeno, contaminación orgánica y altos contenidos de nitritos. Los excesos de alimento junto con la alta incidencia de portadores sanos en la población favorecen el crecimiento de la *F. columnaris* y por lo tanto son una fuente de infección. También el hacinamiento es un factor estresante, e igualmente se incrementa la capacidad de la *F. columnaris* para adherirse a las superficies de los peces³³

1.6.3 Infecciones parasitarias. Existe una amplia lista de parásitos comunes en las tilapias, tanto en ambientes silvestres, así como en las distintas condiciones de cultivo para los diferentes países de América Latina. Algunos parásitos son importantes en los procesos de masculinización, como los protozoos y los monogéneos, los cuales pueden ocasionar altos índices de mortandad o finalizar el proceso de reversión (masculinización) con los peces debilitados o terminar con elevados porcentajes de animales no reversados. Entre los principales parásitos se encuentran.

- **Coccidias (coccidiosis intestinal):** El término coccidia se refiere al parásito intracelular obligado del género *Eimeria* e *Isospora*. Cerca de 200 especies de eiméridos se han identificado y su prevalencia es probablemente subestimada. Las coccidias parasitan el tracto alimentario, riñón, vejiga natatoria, etc. de los peces y su efecto es muchas veces incierto. Muchas coccidias de peces parecen ser específicas de género pero se reportan transmisiones cruzadas entre hospederos de la misma familia.

La enterococcidiosis ataca primordialmente alevinos y juveniles hasta de un año. El daño económico por coccidias en piscicultivos de aguas cálidas es subestimado debido probablemente a que se manifiesta como una infección crónica, de tal forma que la mortalidad es gradual y se pasa por alto³⁴.

³³ PULIDO. Op cit., 15p

³⁴ PAPERNA I. Parasites, infections and diseases of fishes in Africa. citado por Pulido. Op cit., p 8

- **Myxosporidios:** Son organismos eucarióticos simples clasificados dentro del grupo de los parásitos metazoarios. En los casos de infecciones por parásitos de este tipo, no existen hasta la fecha medicamentos bien establecidos para su tratamiento, más allá de la desinfección y cuarentena, las cuales son muy importantes teniendo en cuenta que las esporas pueden llegar a sobrevivir por más de un año.

- **Tremátodos:** Son parásitos clasificados dentro de la familia de los platelmintos o parásitos planos, estos son gusanos aplanados dorsoventralmente y simétricos bilateralmente, carecen de ano, esqueleto especializado, sistemas circulatorio y respiratorio. Dentro de esta familia se encuentran dos clases de parásitos que pueden afectar a los peces: los monogenésicos y los digenésicos. Los del tipo monogenésico son en su mayoría ectoparásitos (parásitos externos) sin hospederos intermediarios involucrados en su ciclo de vida, todos poseen un órgano posterior de adhesión, armados con ganchos y/o abrazaderas o ventosas, generalmente se encuentran en bajo número infestando los peces, sin causar enfermedad. Los del tipo digenésico son endoparásitos (parásitos internos) cuyo ciclo de vida involucra al menos un hospedero intermediario (caracoles). Los estados adultos como larvas de las metacercarias se encuentran en peces, en los que frecuentemente se hallan enquistados. La mayoría de los digenésicos tienen dos ventosas en su superficie corporal. En cuanto al tratamiento y prevención de los digenésicos: los adultos usualmente no son problema en peces de cultivo; para adquirir las metacercarias (estadio evolutivo del parásito), forma más patógena del parásito, los peces deben estar expuestos al hospedero intermediario (caracoles y aves piscívoras) infectado con la cercaria, por lo cual, se recomienda erradicar en el primer caso los caracoles y controlar en el segundo las aves piscívoras, para cortar el ciclo.

- ***Piscinoodinium sp.*** Es conocido como el agente causal de la enfermedad del “terciopelo” o la “enfermedad de la herrumbre” en peces de acuario, también se detecta en tilapias cultivadas. La fase parasitaria (trofante) tiene forma de pera con un disco de fijación por donde irradian rizoides (prolongaciones de aspecto radicular) con los que se adhieren fuertemente al epitelio de la piel y/o branquias, allí maduran y se desprenden; se convierten en trofontes que sufren una serie de particiones sucesivas para producir un promedio de 64 dinosporas infectivas móviles que buscarán un nuevo hospedero para convertirse en trofontes y continuar el ciclo. El parásito es más patógeno en peces jóvenes pero limitado a la piel mientras que en peces más grandes, la infección ocurre principalmente en las branquias y en la mucosa buco-faríngea³⁵

³⁵ Paperna. Op cit., p 4

- **Trichodinosis:** Es una infección inducida por parásitos ciliados de los géneros *Trichodina*, *Trichodinella* y *Tripartiella*, es una enfermedad relativamente moderada que induce morbilidades y mortalidades crónicas. Estos parásitos habitan solamente la superficie del pez pero la adherencia al epitelio y su succión pueden inducir daño en peces estresados por manipulación, pobre alimentación y especialmente donde ha ocurrido una baja de temperatura. La severidad de la infección se asocia con mala calidad del agua y alto número de parásitos. Se secreta abundante moco que cubre las lamelas branquiales y la piel; las aletas pueden verse desgarradas en infestaciones severas.
- ***Ichthyophthirius multifiliis:*** Induce la enfermedad de los puntos blancos. El estado parasítico se denomina trofote, es esférico, uniformemente ciliado, mide de 0.2 a 1 mm. y en organismos maduros el macronúcleo tiene forma de herradura característica. La infección natural se da a través del alimento y detritus consumidos por el hospedero, los signos incluyen disnea, nado errático, letargia, anorexia, lesiones blancas grisáceas en la piel y muerte. Las condiciones de estrés (altas densidades, mala nutrición y exceso de desechos nitrogenados) pueden transformar estadios latentes de baja morbi mortalidad (forma enzoótica) en condiciones epizoóticas con severas consecuencias clínicas y patológicas. En peces con extensa infestación la mortalidad puede llegar al 100%.
- **Epitheliocystis:** La infección por *Epitheliocystis* es provocada por un organismo del tipo Chlamydia o Rickettsia. La enfermedad se reporta en tilapias cultivadas en aguas continentales, salobres y marinas. Existen dos formas de presentación: benigna y proliferativa; en esta última se pueden producir mortalidades importantes en peces juveniles mantenidos en condiciones adversas de cultivo. Las branquias y en pocas ocasiones la piel y pseudobranquias son los órganos blanco primarios. Se producen nódulos miliares blancos de más de un milímetro de diámetro que corresponden a hipertrofia severa de las células epiteliales, llenas de cloro y de moco, Hiperplasia y fusiones entre ellos³⁶

1.6.4 Enfermedades micóticas. La ermatocicosis (*Saprolegnia sp.* u otros hongos ficomicetes afines) es considerada una infección secundaria, y se debe a las deficientes condiciones de higiene o mal manejo de los peces en las granjas o centros piscícolas. Se ha observado que después de la captura y la transferencia de un estanque a otro, un 50% de las tilapias resultan afectadas por la dermatomicosis. La enfermedad se manifiesta con lesiones en las aletas, en la

³⁶ LÁZARO, E Y MANCILLA, C. Análisis patológico de las alteraciones producidas por ectoparásitos en reproductores de tilapia *Sarotherodon hornorum* y *Oreochromis mossambicus*. En: Revista Latinoamericana de Acuicultura. Vol.25, No. 25-32 (1985).

boca y en la piel; estas son cubiertas por una masa blanquecina, blanquecina-grisácea o amarillenta que corresponde al micelio del hongo. La infección se hospeda en los huevos muertos y se extiende a los huevos vivos los cuales mueren por asfixia. La dermatomicosis normalmente va asociada con una infección bacteriana simultánea.

1.6.5 Otros problemas patológicos:

- **La aflatoxicosis** es un problema potencial en las operaciones comerciales de la tilapicultura debido a que se utilizan alimentos peletizados contaminados con hongos productores de aflatoxinas. Los peces afectados crecen de forma variada y presentan cambios macroscópicos y microscópicos asociados con aflatoxinas³⁷
- **pH:** Niveles inferiores de 6.5 en el pH son letales para los peces. Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un periodo de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias, además causan pérdida de pigmentación e incrementa la secreción de mucus. Los niveles de pH están relacionados directamente con la dureza del agua. Es importante conocer estos rangos ya que cambios bruscos de este parámetro causan un shock en los peces que pueden provocar la muerte. Es importante este factor especialmente al momento de la siembra ya que el pH del embalse puede ser diferente al del agua o medio en el que vienen los alevinos³⁸
- **Amonio:** Este es un producto de las heces y orina de los peces y de la descomposición de la materia orgánica (degradación de material vegetal y degradación de proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (forma gaseosa y primer producto de excreción de los peces) es un elemento tóxico. La toxicidad del amonio en forma no ionizada (NH_3) aumenta con una concentración baja de oxígeno, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta. Una concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de las sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades, reducción del crecimiento y la sobrevivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquido en el abdomen). Este producto tiene vital importancia para la vida de los

³⁷ CONROY, G. Importantes enfermedades detectadas en tilapias cultivadas en América Latina, Venezuela, 2000. p 6

³⁸ SOLLA. Op cit., 80 p

peces y por ende es un factor que se debe tener en cuenta para medir, en aras de evitar que se vea afectada la producción.

- **Nitritos:** Son un parámetro de gran importancia por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Se generan en el proceso de transformación del amoníaco a nitratos y su toxicidad depende de la cantidad de cloruros, de la temperatura y de la concentración del oxígeno en el agua. Es necesario mantener la concentración por debajo de 0.1ppm, haciendo recambios fuertes, limitando la alimentación y evitando las concentraciones altas de amonio en el agua³⁹

³⁹ Ibid. 80p.

2. METODOLOGÍA.

2.1. LOCALIZACIÓN.

Salvajina se encuentra ubicado a 3 Km. río arriba de la cabecera municipal de Suárez, a 69 Km. de la carretera Panamericana que une las ciudades de Cali y Popayán, a 76 Km. al norte de esta última ciudad, Latitud 2° 56' N y Longitud 76° 42' Oeste. La zona del embalse tiene una altitud de 1.100 m.s.n.m. y una precipitación promedio anual de 2.522 mm para el período 1.975 a 1.998, con una máxima media mensual de 762 y mínima media mensual de 0. La profundidad máxima del embalse es de 150 m.; profundidad media de 36,4 m.; tiene un área total de 2.124 Ha; volumen máximo: $996 \times 10^6 \text{ m}^3$ y tiempo de retención hidráulica de 0.33 años. Recibe las aguas de los ríos Dinde y Piendamó. Además del río Cauca, el río Inguitó aporta a la represa un importante caudal de agua.

La región presenta un clima muy complejo influenciado por la orografía, la latitud y los vientos calientes y fríos de las hondades de los ríos y las cimas de las cordilleras. Se ha notado que a medida que se aleja de la cordillera central hacia el cañón del río Cauca, se siente un aumento en la temperatura a la misma altura sobre el nivel del mar, con las condiciones térmicas mas frías hacia las áreas cercanas a la cordillera⁴⁰

El proyecto de investigación se llevó a cabo con la ASOCIACION PISCÍCOLA DE SALVAJINA MORALES (ASOPISMO). Ubicada en la vereda El Arenal, hacia la parte media del embalse. Esta empresa esta integrada por pequeños productores que se desenvuelven en el eslabón primario de la Cadena Piscícola del Cauca (CPC); es una asociación conformada por 32 familias de las cuales 12 se encuentran actualmente activas y con un potencial de incorporación de 36 familias más. El complejo piscícola cuenta con un espejo de agua de 676.5 metros cuadrados. (Ver figura 2).

⁴⁰NAUNDORF, Gerardo, et al. Determinación del efecto ambiental de cultivo en jaula de tilapia roja en el embalse la Salvajina. Popayán: proyecto Colapia. 1995.

Figura 2. Estación ASOPISMO



Fuente: El presente estudio los Autores.

ASOPISMO basa su producción en tilapia roja (*Oreochromis sp*), esta especie tiene un gran potencial en la zona bajo las condiciones ambientales del embalse. Actualmente la empresa esta produciendo 2.5 toneladas de carne de pescado en un ciclo productivo aproximado de 8 meses.

2.2 ALEVINOS

Se utilizaron alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*), de 10 gramos provenientes de PROPISCOL Santander de Quilichao, los cuales fueron transportados en bolsas de polietileno calibre 16, desde su lugar de origen hasta el lugar de la investigación.

2.3 INSTALACIONES Y EQUIPO

Se emplearon 4 jaula de 1.0 x 3.0 mts y una profundidad de 0.5 mts cada una, fabricadas en tubos de P.V.C y malla de nylon multifilamento, las cuales estuvieron ubicadas 400 mts de la orilla del embalse dentro del complejo pesquero-ASOPISMO.

Materiales y equipo:

- 6 Bolsas de bolsas de polietileno calibre 16
- 2 nasas
- 1 canoa
- Material de laboratorio (1pipeta).
- 4 Frascos para muestras de agua.
- Equipo HACH
- Oxigenometro digital.

2.4. VARIABLES EVALUADAS Y PROCEDIMIENTO

2.4.1. Evaluación de las condiciones ecológicas que intervienen en la adaptación de los alevinos de tilapia roja. La evaluación de las condiciones ecológicas del cultivo se realizarón teniendo en cuenta la forma de manejo de los animales antes y después de la presencia del problema, los controles sanitarios y demás labores. Para ello, se inició el estudio con la siembra de los alevinos en cuatro jaulas del complejo piscícola, llamadas jaulas de recibo, previa aclimatación de los mismos. Cada jaula tuvo 900 animales para un total de 3600 animales en todo el estudio.

Una adecuada observación siempre debe llevar y registrar cambios introducidos (cambios de alimentación, correcciones de calidad de agua, operarios, técnicas de manipulación e implementación de equipos, etc.). Observación directa (clima, volumen o calidad de agua), cambios en el comportamiento de los animales, edades, especies, tiempo de cultivo, etc. Tal motivo llevo a que diariamente se revisaran las jaulas para recolectar los animales muertos y se tomaran los signos clínicos externos que se presentaron; el total de peces muertos por día se sumó para obtener un consolidado total al final de la etapa y así poder calcular el porcentaje de mortalidad de los animales en los 15 días del periodo crítico.

Con la información recogida se creó la historia de la unidad productiva, donde se encuentra referenciada toda la información de las condiciones de la granja y de sus proveedores de semilla, así como también el ciclo de la enfermedad y los factores climáticos, numero total de animales, discriminado por edades, tiempo de evolución y características, densidad de siembra, morbilidad (animales enfermos),

mortalidad acumulada durante la etapa problema, manejo del agua, dieta suministrada, frecuencia de alimentación, signos más llamativos, comportamiento de los animales (cambios en el comportamiento, forma de respiración, posición y actitud de nado, reflejos, cambios en la coloración, aceptación del alimento, entre otros), tratamientos realizados y respuesta a ellos. Con el fin de determinar si las medidas son correctas o si hay alguna irregularidad en el plan de manejo que se está dando en la unidad productiva, en aras de acumular experiencias para próximas oportunidades o futuros brotes.

Para la obtención de la historia clínica se tuvo en cuenta algunos formatos con información indispensable descritos por el grupo de fisiología veterinaria y el laboratorio de patología de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia.

2.4.2. Evaluación de las condiciones biológicas que intervienen en la adaptación de los alevinos de tilapia roja. Paralelo a la creación de la historia de la unidad productiva, se realizó la evaluación de las condiciones biológicas con que se cuenta en la explotación, que se determinaron mediante dos muestreos, el primero de ellos son los muestreos hechos en campo (in-situ) realizados en la etapa crítica del cultivo (primeras dos (2) semanas postsiembra), para determinar pH, temperatura, alcalinidad, dureza y concentración de oxígeno. Donde las muestras de pH, temperatura y oxígeno se tomaron cada tres horas; la alcalinidad y la dureza se tomó cada 2 días en diferentes horarios (mañana y tarde), debido a los altos costos de los reactivos que se utilizan en las pruebas. En esta evaluación se contó con un equipo HACH.

El segundo, fue una muestra de agua al momento de la siembra, que se envió al laboratorio de aguas donde se determinó las concentraciones de amonio, nitritos, alcalinidad, dureza, sólidos en suspensión, fosfatos, y sulfatos. En la misma muestra se determinó la presencia de microorganismos y algas que pueden estar afectando el normal desarrollo de los peces y que pueden ser causales de mortalidad. Estos análisis se realizaron en laboratorios de la Universidad del Cauca.

Además de las muestras anteriores, se realizó la toma de dos muestras de los animales para hacer un examen clínico de estos, para lo cual se capturó el 5% de la población afectada y se envió al laboratorio de histopatología de la Universidad Nacional de Bogotá para observar el tipo de lesiones y alteraciones que presentaron.

Estas muestras fueron de 50 animales cada una y se hizo, una al momento de la siembra y otra transcurridos siete (7) días después de la misma. Para la toma y envío de estas muestras se tuvo en cuenta las siguientes precauciones:

- Antes de empezar con la manipulación de los animales se tomaron datos para la elaboración de la historia clínica y se alisto el instrumental e implementos para el envío (bolsas, cajas, hielo, oxígeno, cauchos, etc.).
- Se usaron bolsas de polietileno calibre 16 (doble bolsa). Las bolsas se llenaron de la siguiente manera: 1/3 con agua de buena calidad, teniendo en cuenta que no hayan cambios en el pH, la temperatura y la alcalinidad, se introdujo la muestra y se lleno el espacio restante de la bolsa con oxígeno posteriormente se cerro herméticamente.

Como el viaje fue prolongado se rodeo la bolsa con hielo y se aisló la caja térmicamente con icopor, con el objeto de asegurar una mayor sobrevivencia de los peces. El envío de las muestras se hizo con la respectiva historia clínica.

2.4.3. Evaluación del porcentaje de mortalidad de alevinos de tilapia roja. (*Oreochromis sp*). El porcentaje de mortalidad se calculó mediante el conteo y suma de los animales inicialmente sembrados y los sobrevivientes al final de la etapa de alevinaje (15 días), aplicando la fórmula:

$$\% \text{ mortalidad} = (\text{total peces muertos} * 100) / \text{total de peces sembrados}$$

2.4.4. Identificación de los posibles factores que están ocasionando el problema. Para el procesamiento de los datos se realizó un análisis descriptivo, por medio de la utilización de gráficas que determinaron el comportamiento de los factores biológicos como son: temperatura, oxígeno, pH, alcalinidad y dureza. Igualmente a través de pruebas de regresión simple se determinó si existía o no asociación entre algunos de los parámetros físico químicos, y determinar los rangos de variabilidad de cada uno de ellos y para saber si se alejan de los respectivos rangos. Para esto se utilizo el programa STATGRAPHICS 5.0. Posteriormente se realizó una adecuada determinación de los factores que causan el problema y se realizaron una conjugación de todos los factores

analizados, in-situ, manejo, laboratorio para saber cuál es el, o los factores que reducen la capacidad productiva.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES ECOLÓGICAS Y BIOLÓGICAS QUE INTERVIENEN EN LA ADAPTACIÓN DE LOS ALEVINOS DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp.*).

La calidad de agua para una producción acuícola es el conjunto de características óptimas que deben ser mantenidas en el ambiente para garantizar un buen cultivo. Este conjunto se refiere al equilibrio dinámico de todas las variables físicas, químicas, biológicas y tecnológicas que hacen posible el cultivo de organismos acuáticos bajo una forma sostenible⁴¹.

La forma, tamaño y profundidad de un embalse, juegan un papel importante en el comportamiento físico, químico y biológico del mismo. Los fenómenos de estratificación térmica, circulación de nutrientes, productividad y eutroficación están ligados directa o indirectamente a la profundidad del embalse, al tamaño y al periodo de retención del agua, claro esta que el aporte de nutrientes juega un papel importante, pero este puede aliviarse por ejemplo en embalses con periodos de retención de agua mas cortos⁴².

Es por eso, que el embalse donde se encuentran ubicadas las jaulas flotantes de La Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO), por estar ubicado en una zona que presenta una temperatura templada 23°C, y teniendo en cuenta su profundidad máxima y mínima (150 y 36.4 m respectivamente), se puede hablar de una estratificación térmica donde los perfiles de temperatura, oxígeno, entre otros parámetros, cambian gradualmente con la profundidad, presentándose una marcada zonación entre superficie y fondo en forma general. Pero cuando se habla de cultivos en jaulas flotantes, esta zonación se pierde en el espacio de cada una de las jaulas debido a que una jaula como máximo tiene 2 a 3 metros de profundidad.

⁴¹ VINATEA A. Luis. Calidad de agua para una producción acuícola sostenible. Universidad Federal de Santa Catarina - Brasil. En: Memorias II Congreso Colombiano de Acuicultura. Villavicencio, Meta, 2004. p. 9

⁴² Ibid.,p.5

El cultivo de peces en jaulas flotantes es considerado como una alternativa para fomentar la piscicultura ya que posee la ventaja de reducir el costo de la instalación, mayor capacidad de carga que en condiciones de estanque y mejor aprovechamiento de los cuerpos de agua.

3.1.1 Historia clínica

- **Ubicación geográfica:** LA ASOCIACION PISCICOLA DE SALVAJINA MORALES (ASOPISMO), se halla ubicada en la vereda El Arenal, hacia la parte media del embalse Salvajina.

El embalse La Salvajina está ubicado en el sur-occidente de Colombia, a 47 Km. partiendo hacia el occidente de la ciudad de Santander de Quilichao, que se encuentra sobre la carretera panamericana, en el tramo Popayán – Santiago de Cali. A una latitud norte de 2° 56' y Longitud Oeste 76°42'. (Figura 3).

Figura 3. Embalse Salvajina



Fuente: El presente estudio, Los autores.

- **Composición de la asociación:** Esta empresa esta integrada por pequeños productores que se desenvuelven en el eslabón primario de la Cadena Piscícola del Cauca (CPC), es una asociación conformada por 32 familias de las cuales 12 se encuentran actualmente activas y con un potencial de incorporación de 36 familias más.
- **Producción:** ASOPISMO basa su producción en tilapia roja (*Oreochromis sp*), especie que tiene un gran potencial de mercadeo en la zona. La explotación

cuenta con un espejo de agua de 676.5 metros cuadrados y actualmente la empresa esta produciendo 2.5 toneladas de carne de pescado en un ciclo productivo aproximado de 8 meses.

Para conseguir esta producción cuentan con jaulas flotantes que se describen como estructuras cerradas no sumergidas, las cuales contienen malla que permiten el cultivo intensivo de peces. El agua es aprovechada al máximo, la cual se renueva constantemente a través de las mallas, facilitando así el aporte de oxígeno y al mismo tiempo la limpieza de los residuos.

Las redes mas finas de un cuarto de pulgada se utilizan para alevinos, para dedinos se puede utilizar de media pulgada y adultos pueden almacenarse en jaulas de $\frac{3}{4}$ o 1 pulgada. El tamaño del ojo de la malla debe ser adecuado al tamaño de los peces, cuanto más fina la red mayor el grado de obstrucción y mayor limpieza o cuidado (figura 4). La base de la jaula debe llevar pesas para que la red permanezca tensa y no se disminuya su tamaño.

Figura 4. Jaulas de recibo para alevinos.



Fuente: El presente estudio, Los Autores

En el entorno de las jaulas, se presento fuertes oleajes debido a la presencia de lanchas, y planchones que originan este tipo de fenómenos, causando en las jaulas fuerte movimientos de aguas, arrastrando de igual manera sólidos disueltos y partículas del medio ocasionando obstrucción de los ojos de las mallas de las jaulas donde se reciben los alevinos, siendo este un factor de estrés que puede desencadenar bajas en la producción.

La persona encargada del manejo administrativo de la asociación se llama Edinson Velasco, quien se encuentra en la cabecera municipal del municipio de Morales departamento del Cauca.

- **Población afectada:** La población afectada son alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), los cuales presentan durante los primeros días posteriores a la siembra una baja en el apetito, lo cual repercute en la disparidad de tallas, pues los peces enfermos se vuelven anoréxicos y los sanos consumen alimento de una forma normal, seguido a la baja de apetito se presenta una decoloración haciéndose mas blancos con el transcurso de los días (ver figura 5), una sintomatología muy evidente es el daño en la piel presentándose severas zonas de erosiones y úlceras, lesiones también en aletas pectorales y caudal, con zonas blanquecinas en el pedúnculo caudal. A medida que los días aumentan aparecen mas daños como nado errático o desorientado, los animales se la pasan en la superficie de las jaulas como si les hiciera falta el oxígeno y seguidamente mueren. La mortalidad incrementa llegando a ser mayor durante los 6-9 días después de la siembra y para nuestro estudio se halló una mortalidad del 20%, ósea un total de 712 animales de los 3600 iniciales. La cual se estableció después de los 12 días posteriores a la siembra, que fueron los más críticos.

Figura 5. Disparidad de tallas y decoloración en alevinos.



Fuente: El presente estudio, Los Autores

- **Especies a riesgo:** Como especies que encontramos en riesgo durante el desarrollo del estudio tenemos todos los demás animales que no presentaron la enfermedad aparentemente, los cuales para esta estación son alrededor de 10000 animales, durante el desarrollo de este estudio.

- **Clima:** La región presenta un clima muy complejo influenciado por la orografía, la latitud y los vientos calientes y fríos de las hondades de los ríos y las cimas de las cordilleras. Se ha notado que a medida que se aleja de la cordillera central hacia el cañón del río Cauca, se siente un aumento en la temperatura a la misma altura sobre el nivel del mar, con las condiciones térmicas mas frías hacia las áreas cercanas a la cordillera.⁴³

El clima que se pudo apreciar en el embalse durante el tiempo del estudio varió principalmente durante las horas de la noche pues era en ese tiempo cuando el viento golpeaba mas fuertemente el agua e inducía oleaje que a su vez provoco movimientos bruscos que hostigaban el complejo. Estos movimientos pueden ser un causante de estrés en los animales.

- **Tratamientos realizados:** La empresa al presenciar el inicio del problema de mortalidad tomó la determinación de aplicar un producto órgano fosforado, lo aplican externamente a los animales enfermos con el fin de disminuir la mortalidad de los alevinos, el órgano fosforado que usan es MALATHION a una dosificación de 25 ml por bomba de 20 litros, suben los animales de tal manera que queden suspendidos en una cantidad mínima de agua y por aspersion van aplicando el producto a los animales sin importar la edad de los mismos.

El malatión se consigue comercialmente con el nombre de MALATHION 500 y se conoce como insecticida agrícola, que contiene como ingrediente activo mas del 48% de malatión 0,0 dimetil fosforoditioato de dietil marcaptosuccinato. Producto ligeramente toxico, que no se recomienda para aplicación en el agua por que contamina, y además es toxico para los peces ya que estos no pueden detoxificar el malathión y después de varios meses de exposición al producto aparecen deformaciones en la pared azul y se inhibe la lactato deshidrogenasa en el hígado y la colinesterasa afectando el sistema nervioso central⁴⁴.

- **Cambios:** Un cambio que se noto fue en la alimentación pues esta se realiza en un comienzo con un concentrado comercial de muy buena cantidad de proteína (45%) el cual lo proporciona y lo recomienda el proveedor de semilla, sin embargo, una vez acabado este tipo de alimento se le da a los alevinos un concentrado del 34%.

⁴³ Naundorf, *et al.* Determinación del efecto ambiental de cultivo en jaula de tilapia roja en el embalse la Salvajina. Popayán: proyecto Colapia. 1995.

⁴⁴ Casuso, *et al.* Analisis preliminares de los efectos genotoxicos del malatión. Argentina. 2006, p1.

El manejo dado por la administración del complejo piscícola a los animales no es el mas indicado, pues el señor Edinson Velasco delega esta función al un operario encargado, quien a su vez delega esta función a un menor de edad, el cual es el encargado de alimentar, mover, asear y manejar toda las jaulas.

El medio donde crecen los animales no contó con un aseo riguroso, la desinfección de los materiales y jaulas se hace por solarización, días antes de la siembra de los alevinos, además la alimentación se realizo al tanteo y no por medio de tablas de alimentación a pesar de que la estación cuenta con ellas.

3.2 ANALISIS PARAMETROS FISICO – QUIMICOS: FACTORES QUE INSIDEN EN LA MORTALIDAD DE ALEVINOS DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*).

Previamente se tomo una muestra de agua para hacer su análisis respectivo con respecto a los parámetros físico – químico, en la cual se obtuvo los resultados que a continuación se presentan:

Tabla 5. Resultados de la muestra de agua tomada de las jaulas flotantes de La Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO).

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	VALOR OBTENIDO
Color	Fotométrico	m-1	0,7
Turbidez	Fotométrico	UNF	20
SST	gravimétrico	mg/L	2,8
DBO5	Incubación - electrométrico	mg/L	21,4
DQO	Fotométrico	mg/L	10,3
Acidez	Titulométrico	mg C _a CO ₃ /L	2,2
Dureza	Titulométrico	mg C _a CO ₃ /L	11,2
Alcalinidad	Titulométrico	mg C _a CO ₃ /L	2,8
Nitritos	Fotométrico	mg/L	<0,05
Amonio	Fotométrico	mg/L	<0,2
Fosfatos	Fotométrico	umol/L	0,02
coliformes totales	sustrato definido	NMPmicroorganismos/100ml	73,8
coliformes fecales	sustrato definido	NMPmicroorganismos/100ml	0

Fuente: el presente estudio, Los Autores.

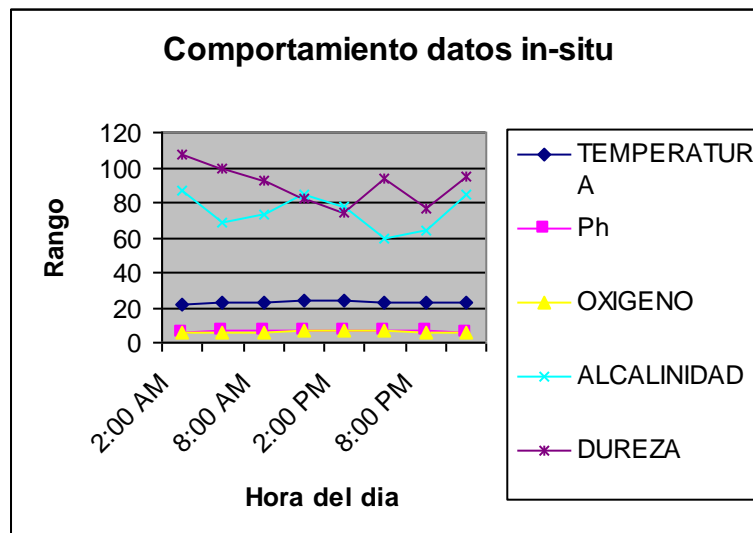
Teniendo en cuenta los anteriores resultados en la medición de parámetros físico químicos, se realizó la siembra de 3600 alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*), de 10 gramos, en cuatro jaulas flotantes, en una proporción de 900 animales por jaula. Por un lapso de 15 días, se efectuaron medidas de temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad y dureza en cada una de las jaulas, a diferentes horas del día para determinar su variación. Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 6 y 7.

Tabla 6. Tabla general de promedios de las muestras in-situ (temperatura, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad y dureza) a diferentes horas.

HORA	TEMPERATURA	Ph	OXIGENO	ALCALINIDAD	DUREZA
2:00 AM	22,2	6	5,25	86,5	107
5:00 AM	22,4	6,4	5,29	69	100
8:00 AM	23,0	6,6	5,93	73	93
11:00 AM	23,7	6,90	6,52	85	82
2:00 PM	23,8	6,90	6,86	78	74
5:00 PM	23,2	6,83	6,96	60	94
8:00 PM	22,7	6,63	6,27	64	76,5
11:00 PM	22,8	6,2	5,62	84,5	94,33
	22,975 ± 0,478	6,560 ± 0,28	6,09233 ± 0,56	75,0 ± 8,4	90,1 +/- 9,66

Fuente: El presente estudio, Los Autores.

Figura 6. Representación grafica de la tabla 6.



Fuente: El presente estudio, Los Autores.

Dependiendo del ecosistema que se utiliza para el cultivo, algunos parámetros pueden llegar a ser más incidentes en el cultivo que otros. Tal es el caso de la temperatura, que es un parámetro que juega un papel importante en la variación de oxígeno disuelto en el agua debido a que su concentración depende de la variación que esta presente.

Tabla 7. Tabla específica de mediciones en cada una de las jaulas flotantes de La Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO).

PARAMETROS	GENERALES	JAULA 1	JAULA2	JAULA3	JAULA 4
Temperatura (°C)	22,97 ± 0,47	22,95 ± 0,39	22,955 ± 0,390	22,95 ± 0,390	22,95 ± 0,390
Rango	22,49 - 23,4	22,56 - 23,34	22,56 - 23,34	22,56 - 23,34	22,56 - 23,34
confort tilapia Roja	24 - 30 ⁴⁵				
OD (ppm)	6,09 ± 0,56	6,036 ± 0,13	6,04 ± 0,131	6,050 ± 0,13	6,050 ± 0,133
Rango	5,52 - 6,65	5,90 - 6,16	5,90 - 6,172	5,916 - 6,18	5,91 - 6,18
confort Tilapia Roja	4 - 5,0 ⁴⁶				
pH	6,5 ± 0,28	6,62 ± 0,18	6,622 ± 0,184	6,622 ± 0,184	6,622 ± 0,184
Rango	6,2 - 6,8	6,437 - 6,80	6,4376 - 6,80	6,4376 - 6,80	6,43 - 6,80
confort Tilapia Roja	7 - 8,5 ⁴⁷				
Alcalinidad mg/ CaCO₃/l	75,0 ± 8,4	76,66 ± 11,36	76,66 ± 11,36	76,66 ± 11,36	76,66 ± 11,36
Rango	66,5 - 83,4	65,30 - 88,03	65,30 - 88,03	65,30 - 88,03	65,30 - 88,03
confort tilapia Roja	75 ⁴⁸				
Dureza (ppm)	90,10 ± 9,66	91,08 ± 3,94	91,08 ± 3,94	91,08 ± 3,94	91,08 ± 3,94
Rango	80,44 - 99,76	87,136- 95,02	87,136- 95,02	87,13- 95,02	87,13- 95,02
confort tilapia Roja	100 - 170 ⁴⁹				

Fuente: El presente estudio, Los Autores.

Cabe indicar que en diferentes estudios se ha encontrado que la temperatura del agua baja considerablemente en la noche y presenta sus picos más altos a medio día. En el caso del agua donde se encuentran ubicadas las jaulas, unidad de cultivo de este estudio y respecto a los datos in situ, se puede afirmar con 95% de confianza (gracias al programa estadístico) que la media real de la temperatura del

⁴⁵ ALAMILLA T, Hugo. Acuicultura: Cultivo de tilapias. Zoe Tecnocampo. México. Formato html. [En línea]. Disponible en internet: <http://www.zoetecnocampo.com/>.

⁴⁶ GÓMEZ, B. Cultivo de tilapia. Manual para la construcción de jaulas y corrales. SEDAP. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero. Dirección General de Pesca. Xalapa, Veracruz. p. 47.

⁴⁷ JIMENEZ, Roberto. Enfermedades de la tilapia en cultivo. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil, Ecuador, 2007. p. 8

⁴⁸ GÓMEZ, Op cit., p. 47.

⁴⁹ Ibid., p.47.

agua del embalse se encuentra entre 22,49° C y 23,45°C, lo cual indicaría la influencia de la temperatura en la salud de los peces que es a la vez directa e indirecta, la misma que puede ser observada cada vez que se aparta del rango óptimo de la especie. Sin embargo la noción de óptimo térmico es demasiado amplio, pues este difiere en la misma especie, según sus funciones fisiológicas⁵⁰. La temperatura puede actuar de forma directa produciendo un choque térmico, generando una condición de stress, con sus consecuencias energéticas o inmunológicas. Especialmente para los efectos letales, las cifras se deben considerar en función de la temperatura de aclimatación⁵¹.

En la práctica, es el efecto indirecto de la temperatura el que provoca la mayoría de las alteraciones. La temperatura condiciona los valores de los parámetros de calidad de agua, a los cuales el pez es muy sensible como son entre otros el contenido de oxígeno disuelto.

La cantidad de oxígeno disuelto con base a este estudio, se encuentra entre 5,53ppm y 6,65ppm, teniendo en cuenta un error estándar de 0,562 que indica cuanto puede subir o bajar su concentración en el agua, con un 95% de confianza.

Para Boyd, citado por Vinatea⁵², las concentraciones de oxígeno disuelto son más altas a 0°C y decrecen con el aumento de la temperatura tal como se puede apreciar en la tabla 8.

Tabla 8. Solubilidad del oxígeno (mg/l) a diferentes temperaturas.

°C	mg/l	°C	mg/l	°C	mg/l
0	14,16	11	10,67	22	8,53
1	13,77	12	10,43	23	8,38
2	13,4	13	10,2	24	8,25
3	13,05	14	9,98	25	8,11
4	12,7	15	9,76	26	7,99
5	12,37	16	9,56	27	7,86
6	12,06	17	9,37	28	7,75
7	11,76	18	9,18	29	7,65
8	11,47	19	9,01	30	7,53
9	11,19	20	8,84	31	7,42

⁵⁰ JIMENEZ, Op cit., p.47.

⁵¹ *Ibid.*, p. 8.

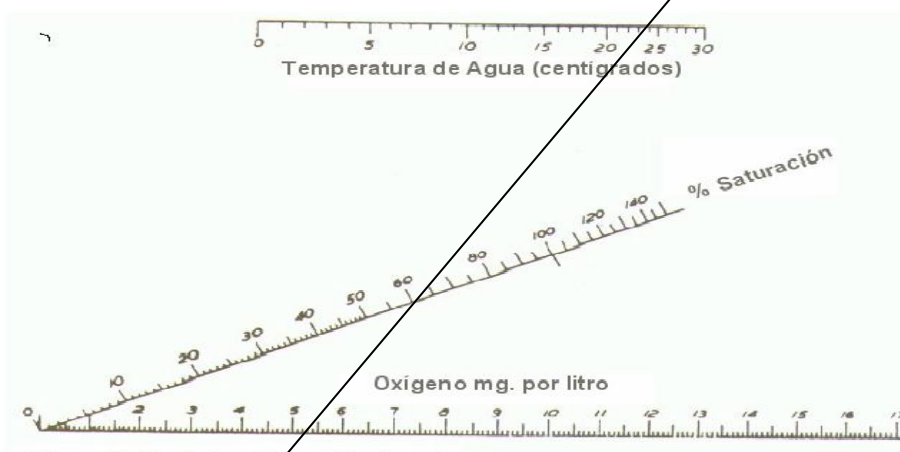
⁵² VINATEA, Luis. Principios químicos de calidad del agua en acuicultura. Brasil: CBS, 1998. p.17.

10	10,92	21	8,64	32	7,32
----	-------	----	------	----	------

Fuente: VINATEA, 1998.

Este como todos los gases disueltos en equilibrio o saturación en un líquido, se disuelven según la presión parcial en el aire y su coeficiente de solubilidad, el contenido de sales disueltas y la temperatura⁵³.

Figura. 7 Porcentaje de saturación de oxígeno.



La cantidad de oxígeno disuelto se ve limitada además de la temperatura por la elevación o altitud del sitio donde se encuentren los animales, por tal motivo, el valor de oxígeno se determinó por el porcentaje de oxígeno disuelto en la muestra, que hace referencia en nuestro estudio a la cantidad de oxígeno que se encuentra disponible para el consumo de los peces.

Se considera que porcentajes de saturación de oxígeno que se encuentran entre 80% -120% son excelentes para los organismos acuáticos y valores menores al 60% o superiores a 125% son relativamente malos⁵⁴. En la figura 7 se aprecia que para el presente estudio el valor del porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es de 62%. Referenciando que hay problemas con el oxígeno disponible para los animales, pues de todo el gas presente solamente el 62% está para disposición de los peces.

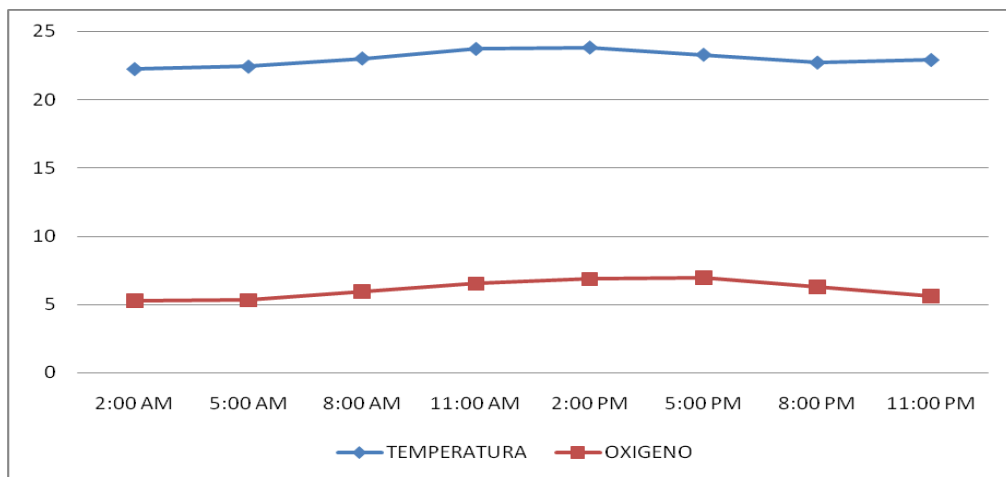
⁵³ *Ibid.*, p. 9.

⁵⁴ CIESE. Op cit., 1999

Un déficit prolongado de oxígeno conduce a los peces a una pérdida de apetito y por lo tanto provoca deficiencias alimentarias pudiendo ocasionar incluso la muerte por anorexia, mientras que niveles de sobresaturación de oxígeno provocan la muerte por embolia gaseosa, alteración conocida como enfermedad de las burbujas, que se manifiesta externamente por la presencia de burbujas de las aletas y superficie del cuerpo⁵⁵.

La cantidad de oxígeno consumida por el pez no es estable; la intensidad en dicho consumo se relaciona con la temperatura del agua, siendo menor cuando es mas baja⁵⁶.

Figura 8. Comparación Oxígeno disuelto vs. Temperatura a diferentes horas



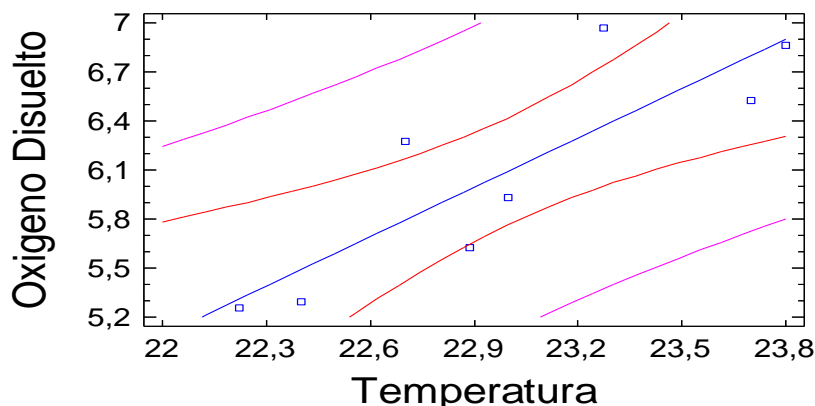
Al realizar el análisis de varianza, a los resultados obtenidos, se encuentra que existe relación estadísticamente significativa entre Oxígeno Disuelto y temperatura para un nivel de confianza del 99%, lo cual explica que un 72.79% de la variabilidad del oxígeno disuelto en el agua depende de la temperatura.

El coeficiente de correlación es igual a 0,853209, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables como se indica en la figura 9 cuando la temperatura se encuentra a 23.8 °C hay un incremento de oxígeno disuelto donde alcanza un valor de 6.86.

⁵⁵ Ibid., p.9.

⁵⁶ Ibid., p.9.

Figura 9. Grafico del modelo ajustado indicando la dependencia de oxigeno disuelto con respecto a la temperatura.



Con respecto al pH, en términos prácticos, se puede afirmar con un 95,0% de confianza que la media real se encuentra entre 6,28 y 6,84, es decir $6,561 \pm 0,281$. El pH juega un papel muy importante con respecto al amoníaco que es muy tóxico, el cual en pH ácidos se transforma en ion amonio (forma ionizada) la cual no es tóxica⁵⁷. Lo contrario ocurre en pH alcalinos. Tabla 9.

Tabla 9. Valores de amonio no ionizado NH_3 a diferentes temperaturas y pH, según Vinatea⁵⁸.

Temperatura °C	pH				
	6,5	7	7,5	8	8,5
16	0,1	0,3	0,9	1,8	8,5
18	0,1	0,3	1,1	3,3	9,8
20	0,1	0,4	1,2	3,8	11,2
22	0,1	0,5	1,4	4,4	12,7
24	0,2	0,5	1,7	5	14,4
26	0,2	0,6	1,9	5,8	16,2
28	0,2	0,7	2,2	6,6	18,2
30	0,3	0,8	2,5	7,5	20,3

⁵⁷ ANZOLA, Eduardo; POLO, Gustavo; RODRIGUEZ, Horacio y SALAZAR, Gustavo. Fundamentos de la acuicultura continental. Bogotá: INPA, 2001. p. 421

⁵⁸ VINATEA, Op Cit., p. 49

Por lo tanto y con respecto a los resultados obtenidos se puede decir que las aguas de este estudio no son muy acidas pero contiene pH cercano a lo adecuado para el cultivo de tilapia roja, considerando que se presentan bajas concentraciones de amonio no ionizado en el agua tal y como se obtuvo en los resultados del análisis de agua señalados anteriormente en la tabla 5 y que concuerdan con los valores expuestos por Vinetea, presentes de la tabla 9.

Los extremos letales de pH para la población de peces, en condiciones de cultivo están por debajo de 4,0 y por encima de 11. Aunque los peces pueden sobrevivir en valores de pH cercanos a estos extremos, se observa un crecimiento lento y baja producción⁵⁹.

Así mismo, cambios bruscos en el pH como consecuencia en el traslado de peces de un lado a otro, como por ejemplo en la siembra, con marcada diferencia de pH, pueden causar la muerte.

Las aguas acidas irritan las branquias de los peces, las cuales tienden a cubrirse de moco llegando algunos casos a la destrucción histológica del epitelio. Así mismo, la presencia de dióxido de carbono acidifica mas el agua causando alteraciones de la osmorregulación y acidificando la sangre.

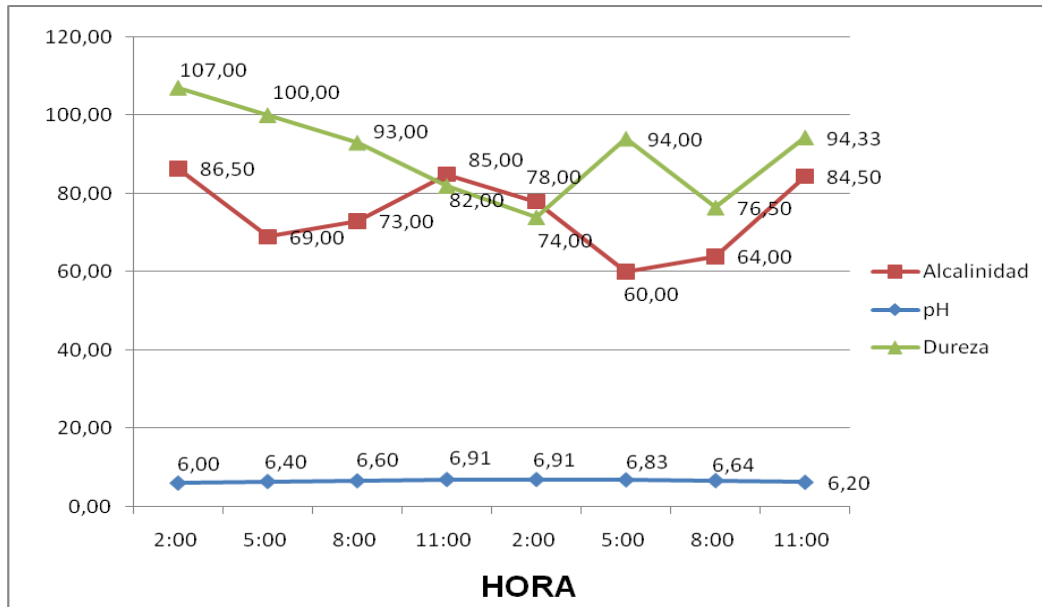
Además señala la peligrosidad de las aguas acidas ricas en hierro, que puede producir un precipitado de hidróxido férrico en las branquias de los peces y como consecuencia adquieren un color marrón oscuro por asfixia⁶⁰.

La alcalinidad por su parte presenta una media entre los valores 66,5359 y 83,4641, con 95% de confianza.

⁵⁹ PISCICULTURA. Op cit., 2001

⁶⁰ *Ibíd.*, p. 424

Figura 10. Comportamiento de la alcalinidad y la dureza con respecto al pH.



En la figura 10 se puede observar un comportamiento aceptable de la alcalinidad, presentándose picos altos a la madrugada y cerca de mediodía, pero no se sale del rango tolerable en calidad de agua para cultivo de tilapia y a su vez ayuda a que la dureza de la misma no sea muy alta.

La estabilidad del pH viene dada por la reserva alcalina o sistema de equilibrio que en definitiva corresponde a la concentración de carbonatos o bicarbonatos.

Las aguas con alcalinidad total baja, por lo general presentan valores de pH que oscilan entre 6,0 a 7,2 a las primeras horas del día, pero este valor se puede elevar a 10 o mas en las horas de la tarde como consecuencia de la alta concentración de fitoplancton que esta demandando dióxido de carbono y no permite que actúe los carbonatos como sustancia amortiguadora. Cuando se presentan aguas con alcalinidad total alta, los valores de pH oscilan entre 7,5 y 8,0 en las primeras horas de la mañana y entre 9,0 y 10,0 en las horas de la tarde⁶¹.

Cuando el agua presenta valores de pH ácidos (6 o menos) o muy alcalinos (por encima de nueve), los peces pueden confrontar serios trastornos como necrosis de las aletas y de los lóbulos branquiales, lo que consiguientemente, les afecta la

⁶¹Ibíd., p. 422.

respiración. El carácter crónico de la acidez, origina frecuentemente afecciones branquiales y condiciones de estrés⁶².

3.3 AGENTES PATÓGENOS QUE INFLUYERON EN LA MORTALIDAD.

Se realizaron estudios histopatológicos a un grupo de alevinos antes de la siembra de los mismos en cada una de las jaulas, seleccionando al azar cada uno de los ejemplares vivos a estudiar. De la misma manera se realizaron estudios histopatológicos a un grupo de ejemplares muertos que se habían sembrado en las jaulas.

Dentro de los resultados obtenidos (Anexo G) se encontró que los peces vivos estaban infestados por trichodinas y trematodos en forma severa, la cual se hizo más evidente después de la siembra de los alevinos ya que comenzaron a morir en un alto porcentaje.

Al igual que en la mayor parte de los sistemas de cría intensiva de animales, las tendencias actuales en las explotaciones piscícolas hacen hincapié sobre la prevención de enfermedades en lugar de su tratamiento. Sin embargo, la mayor parte de los brotes de enfermedades en los peces cultivados pueden atribuirse a cría o manejo inadecuado. Por otra parte, el medio acuático da lugar a problemas especiales con respecto a la cría, pues al presentar variaciones bruscas o no encontrarse en rangos de confort ideales provoca que las epizootias se presentan inevitablemente.

3.3.1 Epidemiología – Patogénesis. La trichodina, es un protozooario ectoparásito, en forma de platillo con los cilios alrededor del cuerpo que sirven al parásito para desplazarse. Poseen un anillo de denticulos arreglados en forma radial⁶³. Casi todas las especies infectan la piel y las branquias, considerándose como parásitos que continuamente se encuentran en estas estructuras. La Trichodina, vive en temperaturas comprendidas entre 4°C-30°C, y también se multiplica, por división binaria. Al ser un parásito, con un tamaño relativamente grande (70 micras), puede verse al microscopio, usando 30X de aumento. Los síntomas suelen ser parecidos a los de otros parásitos, con abundante secreción

⁶² *Ibíd.*, p.10.

⁶³ *Ibíd.*, p. 38.

de mucus, de un color grisáceo. Los peces de menor tamaño infectados, pueden parecer anoréxicos⁶⁴.

Figura 11. *Trichodina* sp.



Fuente: Roberts, 2006

La trichodinosis es usualmente una enfermedad moderada que puede presentar morbilidad o mortalidades crónicas; las trichodinas que se adhieren a la piel o branquias de los peces succionan el epitelio y así puede causar lesiones especialmente en alevines de tilapia⁶⁵.

3.3.2 Diagnóstico. Los alevinos muertos presentaron en sus lamelas atrofias y a su vez focos de hiperplasia epitelial interlamelar (figura 12), síntomas que afirman la presencia de trichodinas, quienes a cambios bruscos de temperatura tienden a expandirse en el huésped y por ende provocar una proliferación a todo el cultivo, siendo causantes de una enfermedad denominada trichodinosis. Se observó casi un 20% de mortalidad en los 12 primeros días pos- siembra.

⁶⁴ *Ibíd.*, p. 38.

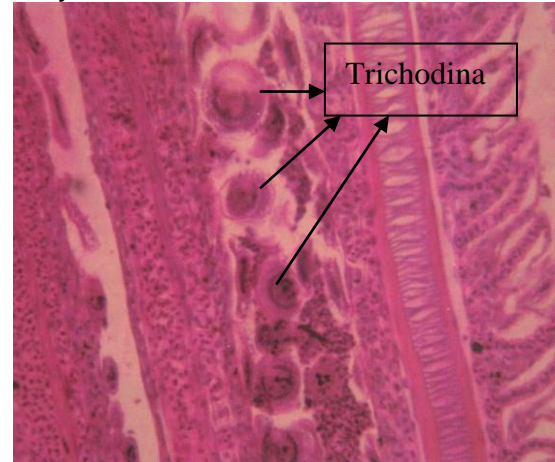
⁶⁵ ROBERTS, R. *Patología de los Peces*. Ed. Mundi – Prensa. Madrid, España. p. 366.

Figura 12. Corte histológico a bajo y mayor aumento de las branquias de alevines de tilapia en diferentes estadios de degeneración celular originada por la presencia de *Trichodina* sp.

Bajo aumento



Mayor aumento



Fuente: el presente estudio, Los Autores.

Las trichodinas son fáciles de reconocer, por su movimiento rápido y giratorio sobre la superficie. Todas las trichodinas tienen tratamiento similar, por lo tanto no es necesaria la identificación a nivel de especie.

% mortalidad = (total peces muertos*100)/ total de peces sembrados

% mortalidad = (712 * 100) / 3600

% mortalidad = 19.77 ≈ 20%

Tabla 10. Mortalidad presentada en las jaulas flotantes de La Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO), durante los primeros 12 días post - siembra con respecto a la temperatura.

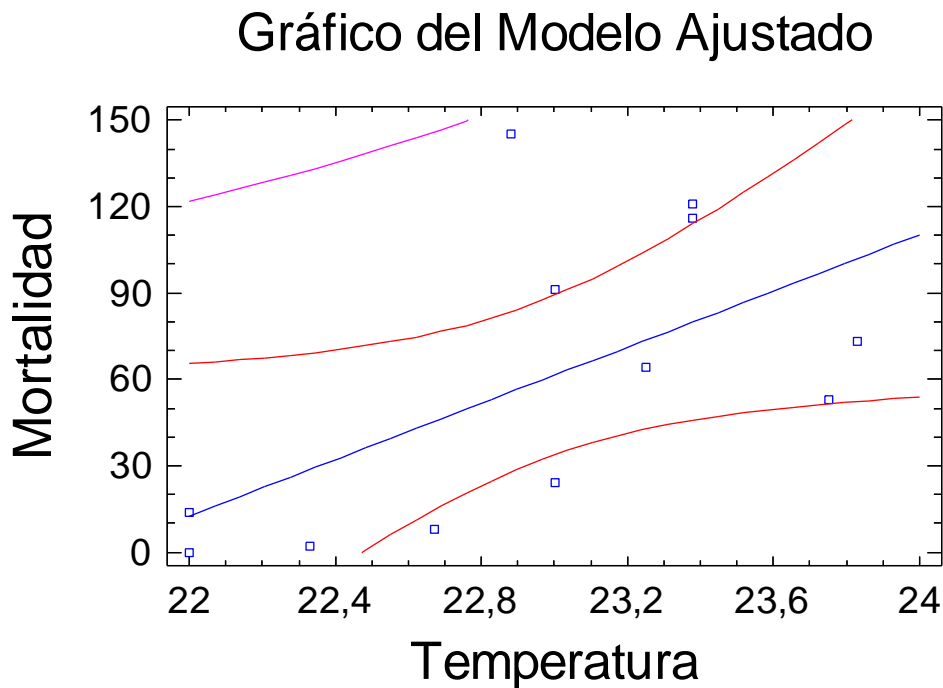
Día	Mortalidad / día	Temperatura promedio día
1	2	22,33
2	0	22
3	14	22
4	8	22,67
5	73	23,83
6	91	23
7	116	23,38
8	121	23,38

9	145	22,88
10	64	23,25
11	53	23,75
12	24	23

Dado que el p-valor en la tabla ANOVA (Anexo F) es inferior a 0.05, existe relación estadísticamente significativa entre Mortalidad y Temperatura para un nivel de confianza del 95%.

El estadístico R-cuadrado indica que el modelo explica un 34,8142% de la variabilidad en Mortalidad. El coeficiente de correlación es igual a 0,590036, indicando una relación moderadamente fuerte entre las variables. Figura 8.

Figura 13. Modelo lineal para describir la relación entre Mortalidad y Temperatura.



Los métodos para controlar el problema que se presenta no son los mas indicados. En el cultivo de peces, se da mayor énfasis a la prevención que a la curación de enfermedades. A la larga, la prevención resulta más barata e impide el problema de toxicidad del medio ambiente y el problema de residuos en los peces. Sólo a fin de evitar pérdidas masivas en el caso de una epizootia, los peces

deberán ser tratados con productos químicos no tóxicos o biodegradables. Debido a problemas metodológicos y económicos, el piscicultor dará casi siempre mayor prioridad a métodos simples y baratos como es el tratamiento químico externo.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

En las condiciones de este estudio se puede concluir que en la asociación piscícola de salvajina morales ASOPISMO:

La mortalidad presente en la estación es del 20%, sin embargo dado la rusticidad de los animales y el gran rango de amplitud en los diferentes parámetros, un porcentaje de este tipo es crítico, pues estos animales cuentan con una alta probabilidad de adaptación.

No están dando la debida importancia a un factor como el manejo, que puede mejorar la adaptabilidad de la tilapia en ese medio. Causando que muchas prácticas comunes en piscicultura como la recolección, la selección, el transporte, el aseo, la alimentación, la aclimatación, entre otras provoquen un aumento del stress y se conviertan en una causa adicional a la mala adaptabilidad de los alevinos.

No se encuentra un ambiente de confort de los animales aunque algunos de los factores ecológicos y biológicos se encuentren dentro de los rangos donde algunos autores enmarcan el cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

La temperatura ambiental ejerce una gran influencia sobre las funciones fisiológicas de los peces incluida la respuesta inmune, a ello también debemos sumar la respuesta de algunos patógenos como la *Trichodina sp* a la temperatura, ya que ligeros cambios en los rangos de temperatura en que viven los peces, suelen provocar una más rápida multiplicación.

4.2 RECOMENDACIONES

Para una adecuada productividad del complejo piscícola es importante tener presente que el manejo general de la instalación debe mejorar, realizando:

- Una adecuada limpieza y desinfección de las jaulas antes de la siembra de los alevinos al igual que los equipos de trabajo, la solarización para manejarla como una única forma de desinfección no es conveniente ya que los microorganismos y patógenos pueden quedar latentes aun en largos periodos de exposición a este sistema, por lo tanto es aconsejable utilizar un producto para desinfectar las jaulas y equipos de pesca, se puede utilizar formol 80ml por bomba de 20 litros y sal marina en una cantidad de 400 gr disueltos en 10 litros para cada una de las jaulas, aplicando por aspersión durante tres días.
- Un buen transporte y siembra de los alevinos, recordemos que los peces se alistán para el viaje de 24 a 48 horas antes, para que desocupaen el tracto digestivo evitando daños en el agua por presencia de heces, esta manipulación y ayuno hace que los alevinos estén débiles, razón por la cual es muy importante tratarlos con sumo cuidado y atención.

Durante el tiempo del viaje es importante que las bolsas vayan dentro de cajas para protegerlas de impactos y cambios de temperatura, debe evitarse que el agua del despacho sea calentada (con el sol o con el motor del vehiculo), pues la elevación de la temperatura baja el contenido de oxígeno en el agua, lo que puede ocasionar mortalidades.

Al llegar las bolsas, sin abrir colocarlas en las jaulas hasta que la temperatura interna de las bolsas se iguale con la del medio donde van a llegar (darle el tiempo que sea necesario); luego agregar lentamente, agua de las jaulas al agua de la bolsa para que lentamente se equilibren los demás factores físico químicos; finalmente dejar que los alevinos salgan por si solos de las bolsas a su nuevo medio. La aclimatación de los animales juega un factor importante pues cambios bruscos en temperaturas pueden desencadenar un descenso en la resistencia de los peces y una rápida multiplicación de los patógenos;

- Una alimentación que garantice buenos procesos metabólicos de los animales. Por eso se debe suministrar un alimento de buena calidad y en cantidades adecuadas, alimento balanceado que este compuesto en cantidades apropiadas de proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales, nutrientes indispensables para un buen crecimiento.

Hacer un ajuste como mínimo mensual (preferiblemente cada quince días) de la alimentación a través de muestreos y alimentar los animales con base a una tabla de alimentación. Ver anexos.

- Un reajuste en la densidad de siembra de los animales, reduciéndola, a menos animales por metro cúbico de agua, y evaluando la adaptabilidad de estos en diferentes densidades.

La calidad de agua y condiciones de cultivo son factores muy importantes en la prevención de patógenos.

Por lo tanto para evitar la expansión de la enfermedad que aqueja al pez (es decir, cuando se presenta el problema), se debe tomar medidas necesarias y plantear un tratamiento que ayude a controlar la misma, teniendo en cuenta las condiciones del cultivo.

Primero se debe retirar el alimento por un período de 12 a 48 horas (dependiendo de la temperatura) antes del tratamiento, lo que reduce el consumo de oxígeno y la producción de amoníaco. En períodos de tiempo cálido, el tratamiento deberá realizarse a la hora del día en la cual la temperatura del agua es la menor.

Los peces enfermos deben separarse de los sanos y llevarlos a baños profilácticos de sal en cantidad de 5 g/ L, durante 1 hora y por tres días consecutivos, esto se recomienda incluso realizarlo antes de sembrar los peces en las jaulas.

Igualmente evitar cambios bruscos de temperatura al momento de la siembra debido a que esta variación de este parámetro da pie a la proliferación del parásito lo cual puede llevar a la muerte a los alevinos. En el caso concreto de este estudio, las aguas del embalse donde se encuentran las jaulas flotantes de La Asociación Piscícola de Salvajina Morales (ASOPISMO), presentan una temperatura baja con respecto a la temperatura confort que se debería manejar en un cultivo de tilapia roja, y teniendo en cuenta de que los alevinos que se siembran vienen en la bolsa en donde son transportados a temperatura de 24°C, el piscicultor deberá considerar el cultivo de juveniles en las temperaturas adecuadas por 14 días (tiempo en que se presenta mayor mortalidad) y recién entonces transferirlos a las jaulas de aguas más frías. Hay que tener en cuenta y en base a los resultados de este estudio, la sola aclimatación no es suficiente para una mayor sobrevivencia de los alevines en cultivo.

Se debe evaluar las concentraciones de oxígeno disuelto y los peces deberán ser observados a lo largo del tratamiento. Si hubiera alguna evidencia de stress entre los peces, se debería concluir el tratamiento de forma inmediata.

Para prevenir la expansión de la infección por parásitos de este tipo (*Trichodina* sp.) se debe impedir el ingreso a las jaulas de cualquier pez descartado que pueda ser portador del parásito.

Es pertinente realizar más estudios de los factores que limitan la producción de tilapia roja en la zona.

De igual manera es recomendable realizar estudios en diferentes épocas del año con el fin de observar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos.

5. BIBLIOGRAFÍA

ALAMILLA T, Hugo. Acuicultura: Cultivo de tilapias. En: Revista Electrónica: Zoe Tecnocampo. México. [En línea]. Formato html. Disponible en internet: <http://www.zoetecnocampo.com/>.

ANZOLA, Eduardo; POLO, Gustavo; RODRIGUEZ, Horacio y SALAZAR, Gustavo. Fundamentos de la acuicultura continental. Bogotá: INPA, 2001. p. 421.

Casuso, José A; Cowper Coles, Francisco; Jorge, Lilian C. Análisis preliminares de los efectos genotóxicos del malatión. Universidad Nacional del nordeste. Argentina, 2006.

CASTILLO CAMPO, Luis. La importancia de la tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Cali: Asociación Red del Cauca., 2000. 20 p.

-----Tilapia roja 2001: una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali: s.n. 2001. [en línea]. [citado en junio 12 de 2006]. Disponible en internet: http://www.google.com/search?q=cache:Sx5vKlAcEGAJ:ag.arizona.edu/azaqua/ista/Colombia/TILAPIA_ROJA.doc+tilapia+roja&hl=es&ct=clnk&cd=7&gl=co.

CEBALLOS, Leonardo. Estado actual de la piscicultura en el sur de la Amazonía colombiana. Putumayo: Corpoamazonia, 2006. 8 p.

CIESE. Center for innovation in engineering and science education. Pruebas para las muestras de aguas. 1999. [en línea]. [citado en enero 15 de 2007]. Disponible en Internet: <http://www.ciese.org/curriculum/dipproj2/es/fieldbook/>

CONROY, G. Importantes enfermedades detectadas en tilapias cultivadas en América Latina, Venezuela, 2000.

CORREDOR, M; ESLAVA, P; IREGUI, C Y MORENO, P. Patologías branquiales de la Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en estanques de ceiba. S.l: s.n, 1997. 130 p.

ESPEJO GONZÁLEZ, Carlos. Cultivo de tilapia roja en jaulas: tecnología en Colombia. En: congreso suramericano de acuicultura. (5° : 1999 : Pasto). Ponencias del II congreso suramericano de acuicultura. Pasto: s.n. 1999.

FAO. El papel de la acuicultura en la mejora de la seguridad alimentaria y la nutrición. Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. 2003.

FINCA, PISCICULTURA, Manual de producción. 2003.

GONZÁLEZ, José; ORTIZ, Rocío; SOLÓRZANO, Deis; CAMPOS, Marcos; MARCANO, Carlos y LÓPEZ, Héctor. Características y perspectivas del cultivo de la tilapia: distribución y caracterización del grupo de tilapias (*Oreochromis spp.*) y Petenia (*Caquetaia kraussii*) en ecosistemas naturales en la zona occidental de Venezuela: Profauna, 2005. . [en línea]. [citado en junio 12 de 2006]. Disponible en internet: <http://www.monografias.com/trabajos20/tilapia/tilapia.shtml?monosearch>

GÓMEZ, B. Cultivo de tilapia. Manual para la construcción de jaulas y corrales. SEDAP. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesquero. Dirección General de Pesca. Xalapa, Veracruz. p. 47.

GUERRERO MUÑOZ, Jaime. La nutrición y la alimentación eficiente de los peces. S.l: Agrinal Colombia S.A, 2005. 21 p.

HEPHER, B Y PRUGININ, C. Cultivo de peces comerciales. Zaragoza, España: Limusa, 1987. 361 p.

JIMENES, Roberto. Enfermedades de la tilapia en cultivo. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Naturales. Guayaquil, Ecuador, 2007. p. 8.

LÁZARO, E Y MANCILLA, C. Análisis patológico de las alteraciones producidas por ectoparásitos en reproductores de tilapia *Sarotherodon hornorum* y *Oreochromis mossambicus*. En: Revista Latinoamericana de Acuicultura. Vol.25, No. 25-32 (1985).

LIM, Chhorn y WEBSTER, Carl. Tilapia, Biology, cultura and nutrition. New York, Unites States: Food Products Press, 2006. p. 3.

MARTÍNEZ, S; ACEVEDO, R. Colombia acuicultura en desarrollo: Panorama Acuícola. SI: s.n, 2004.

MARTÍNEZ, S; ACEVEDO, R. Colombia acuicultura en desarrollo: Panorama Acuícola. SI: s.n, 2004

MERINO ARCHILA, María; SALAZAR ARIZA, Gustavo; GÓMEZ LEÓN, Diana. Guía práctica de piscicultura en Colombia: Aspectos técnicos de la piscicultura... Bogotá D.C: INCODER, 2006. 81 p.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Observatorio de agrocadenas... Acuerdo de Competitividad de la Cadena de la Piscicultura en Colombia. Bogotá. 2006. [en línea]. [citado en junio 12 de 2006]. Disponible en internet:

www.agrocadenas.gov.co/piscicultura/documentos/Acuerdo_Piscicultura.pdf.

NAUNDORF, Gerardo; VÁSQUEZ, Guillermo; ZAMORA, Hildo. Determinación del efecto ambiental de cultivo en jaula de tilapia roja en el embalse la Salvajina. Popayán: proyecto Colapia. 1995.

PISCICULTURA: Cría de peces. Bogotá D.E. 2001. [en línea].[citado en julio 20 de 2006]. Disponible en internet:

<http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/piscicultura.htm#TIPOS%20DE%20CULTIVO>

PULIDO BRAVO, Edgar. Principales patologías de origen infeccioso de las especies piscícolas cultivadas en Colombia. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, 2000. 15 p.

ROBERTS, R. Patología de los Peces. Ed. Mundi – Prensa. Madrid, España. 366 p.

----- Factores de manejo y ambientales relacionados con las enfermedades de peces en Colombia. . Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia, 2006. 12 p.

SOLLA S: A. Aguas cálidas. Buga (Valle del Cauca): Solla S.A, 2005. 80 p.

VINATEA, Luis. Principios químicos de calidad del agua en acuicultura. Brasil: CBS, 1998. 256 p.

ANEXOS

ANEXO A. Análisis de dependencia entre Oxígeno disuelto y Temperatura

Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Oxígeno Disuelto

Variable independiente: temperatura

Parámetro	Estimación	Error estándar	Estadístico T	P-Valor
Ordenada	-17,0884	5,78661	-2,9531	0,0255
Pendiente	1,00795	0,251546	4,007	0,0071

Análisis de la Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	2,30788	1	2,30788	16,06	0,0071
Residuo	0,862432	6	0,143739		
Total (Corr.)	3,17031	7			

Coeficiente de Correlación = 0,853209

R-cuadrado = 72,7966 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 68,2627 porcentaje

Error estándar de est. = 0,379129

Error absoluto medio = 0,269917

Estadístico de Durbin-Watson = 1,405 (P=0,1077)

Autocorrelación residual en Lag 1 = 0,22081

ANEXO B. Análisis estadístico de temperatura, jaula 1, 2, 3 y 4.

Resumen Estadístico

JAULA	FRECUENCIA	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION TIPICA	INTERVALO DE CONFIANZA
1	12	22,95	0,37	0,614	22,9558 +/- 0,390331
2	12	22,95	0,37	0,614	22,9558 +/- 0,390332
3	12	22,95	0,37	0,614	22,9558 +/- 0,390333
4	12	22,95	0,37	0,614	22,9558 +/- 0,390334

ANEXO C. Análisis estadístico de Oxígeno disuelto jaula 1, 2, 3 y 4.

Resumen Estadístico.

JAULA	FRECUENCIA	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION TIPICA	INTERVALO DE CONFIANZA
1	12	6,036	0,0425	0,206	6,03671 +/- 0,13102
2	12	6,04	0,043	0,207	6,04087 +/- 0,131864
3	12	6,05	0,044	0,211	6,05033 +/- 0,134292
4	12	6,05	0,044	1,211	6,05033 +/- 0,134293

ANEXO D. Análisis estadístico de pH jaula 1, 2, 3 y 4.

Resumen Estadístico.

JAULA	FRECUENCIA	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION TIPICA	INTERVALO DE CONFIANZA
1	12	6,622	0,084	0,29	6,622 +/- 0,184404
2	12	6,622	0,084	0,29	6,622 +/- 0,184405
3	12	6,622	0,084	0,29	6,622 +/- 0,184406
4	12	6,622	0,084	0,29	6,622 +/- 0,184407

ANEXO E. Análisis estadístico de Alcalinidad jaula 1, 2, 3 y 4

Resumen Estadístico.

JAULA	FRECUENCIA	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION TIPICA	INTERVALO DE CONFIANZA
1	6	76,66	117,267	10,829	76,6667 +/- 11,3643
2	6	76,66	117,267	10,829	76,6667 +/- 11,3644
3	6	76,66	117,267	10,829	76,6667 +/- 11,3645
4	6	76,66	117,267	10,829	76,6667 +/- 11,3646

ANEXO F. Análisis estadístico de Dureza jaula 1, 2, 3 y 4

Resumen Estadístico.

JAULA	FRECUENCIA	MEDIA	VARIANZA	DESVIACION TIPICA	INTERVALO DE CONFIANZA
1	6	91,083	14,1417	3,76	91,0833 +/- 3,94646
2	6	91,083	14,1417	3,76	91,0833 +/- 3,94647
3	6	91,083	14,1417	3,76	91,0833 +/- 3,94648
4	6	91,083	14,1417	3,76	91,0833 +/- 3,94649

ANEXO G. Análisis de dependencia entre Mortalidad y temperatura.

Análisis de Regresión - Modelo Lineal $Y = a + b \cdot X$

Variable dependiente: Mortalidad

Variable independiente: Temperatura

Parámetro	Estimación	Error estándar	Estadístico T	P-Valor
Ordenada	-1060,05	484,494	-2,18796	0,0535
Pendiente	48,759	21,0986	2,31101	0,0434

Análisis de la Varianza

Fuente	Suma de cuadrados	GL	Cuadrado medio	Cociente-F	P-Valor
Modelo	9869,91	1	9869,91	5,34	0,0434
Residuo	18480,3	10	1848,03		
Total (Corr.)	28350,3	11			

Coeficiente de Correlación = 0,590036

R-cuadrado = 34,8142 porcentaje

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 28,2956 porcentaje

Error estándar de est. = 42,9888

Error absoluto medio = 32,9226

Estadístico de Durbin-Watson = 1,023 (P=0,0167)

Auto correlación residual en Lag 1 = 0,431312

ANEXO H. Resultados análisis Histopatológico antes de la siembra

ANEXO I. Resultados análisis Histopatológico después de la siembra

ANEXO J. Tabla de alimentación recomendada

Etapa	Iniciación		Prelevante		Levante		Pre - engorde		Engorde		
Tipo de Alimento	45% proteína.		38% proteína		32% proteína		28-30% proteína		25% proteína		
No. Comidas al día	8 - 12	6 - 8	4 - 6	4 - 6	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Peso promedio (g)	1 - 5,0	5,0 - 10,0	10 - 30	30 - 60	60 - 105	105 - 150	150 - 185	185 - 220	220 - 300	300 - 400	300 - 400
Temperatura agua	Porcentaje sobre la biomasa (Cantidad de alimento)										
24 - 32	10,0%	8,0%	4,0%	3,2%	3,0%	2,5%	2,5%	2,3%	2,0%	1,8%	1,6%
22 - 24	8,0%	6,0%	4,0%	3,2%	2,7%	2,2%	2,2%	2,0%	1,8%	1,6%	1,4%
22 - 20	8,0%	6,0%	3,5%	2,7%	2,4%	2,1%	2,1%	1,9%	1,6%	1,4%	1,2%
20 - 18	8,0%	6,0%	3,5%	2,7%	2,1%	1,9%	1,9%	1,7%	1,4%	1,2%	1,2%

