

**MANEJO DE REPRODUCTORES Y DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA
MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE ALEVINOS DE TILAPIA ROJA
(*Oreochromis sp*) EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA FISH-FLOW, HUILA,
COLOMBIA**

JONATHAN EDUARDO PINZA PINZA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2014**

**MANEJO DE REPRODUCTORES Y DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA
MEJORA DE LA PRODUCCIÓN DE ALEVINOS DE TILAPIA ROJA
(*Oreochromis sp*) EN LA ESTACIÓN PISCÍCOLA FISH-FLOW, HUILA,
COLOMBIA**

JONATHAN EDUARDO PINZA PINZA

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

**Presidente:
ÁLVARO JAVIER BURGOS ARCOS
Zoot, M.sc., Ph.D Acuaculture Biotechnology**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
SAN JUAN DE PASTO, COLOMBIA
2014**

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

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

Nota de aceptación:

ÁLVARO JAVIER BURGOS ARCOS
Presidente

WILMER RENE SANGUINO ORTIZ
Jurado Delegado

GLORIA LUCIA CÁRDENAS CALVACHI
Jurado

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

ÁLVARO JAVIER BURGOS ARCOS	Zootecnista, M.sc., Ph.D Acuaculture Biotechnology, Profesor asociado. Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
JOHN HARRY ORDOÑEZ BENAVIDES	Técnico producción de alevinos Empresa Fish Flow Ltda.
WILMER RENE SANGUINO ORTIZ	Ingeniero en Producción Acuícola, Msc, Profesor de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.
GLORIA LUCIA CÁRDENAS CALVACHI	Ingeniera química, M.sc., Ingenieria Ambiental, Docente hora cátedra Universidad de Nariño
ROBINSON LIZCANO CARDOSO	Gerente y Propietario Piscícola Fish Flow Ltda.
ROBINSON VARGAS FERNÁNDEZ	Asesor técnico Piscícola Fish Flow Ltda.
CONSTANTINO LIZCANO CASAGUA	Administrador Piscícola Fish Flow Ltda.
PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ	Secretaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos
LUIS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista, Esp. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

A los demás profesores y funcionarios de la Universidad de Nariño, trabajadores de campo de la Empresa Piscícola Fish Flow, y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron con su apoyo.

Dedicado a:

A Dios por haberme permitido la existencia y por darme la oportunidad de conocer el amor infinito, por la sabiduría de la experiencia vivida.

A mis padres Flor Liliana Pinza Insandar y Luis Eduardo Pinza Díaz, y a mi hermano Esteban Felipe Pinza Pinza, por brindarme su amor incondicional, su apoyo, esfuerzos y consejos en el momento oportuno para forjar en mí la persona que soy hoy.

JONATHAN EDUARDO PINZA PINZA.

RESUMEN

El presente trabajo de pasantía empresarial se realizó en la Empresa piscícola Fish Flow Ltda. Embalse de Betania, Municipio de Campoalegre, Departamento del Huila, en el periodo comprendido entre los meses de Enero y Agosto de 2014, el cual tuvo como objetivo principal Incrementar la producción de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*), mediante el monitoreo y ajuste permanente de los parámetros de calidad de agua y el manejo técnico de reproductores de tilapia roja.

Para lograr el objetivo trazado, se plantearon propuestas innovadoras para el desarrollo de actividades encaminadas a la solución de las diversas problemáticas identificadas en la estación piscícola, como la correcta aplicación de protocolos para la toma de muestras de agua, registro y aplicación de la información de los parámetros fisicoquímicos, alimentación y manejo de los reproductores de los sistemas de producción de larvas, como son el Sistema de Reproducción Seminatural (S.S.N) y el Sistema de Incubación Artificial (S.I.A.), así mismo se realizó el registro y análisis de la información productiva de los reproductores para la toma de decisiones con criterio científico y empresarial.

Se logró obtener un sistema de información con los datos registrados semanalmente de parámetros físico químicos como concentración de amonio, dureza cálcica, dureza magnésica, alcalinidad y pH, que sirvieron de soporte para la toma de decisiones para el ajuste y control de estos parámetros.

En cuanto al manejo de la calidad del agua en la empresa se controló los niveles de amonio, y se optimizaron los niveles de alcalinidad y dureza, mediante la aplicación directa de productos de fácil adquisición como la melaza y la cal dolomita, que demostraron ser efectivos para mantener un medio de cultivo adecuado para la producción de alevinos, mejorando la supervivencia en los sistemas de producción de larvas; sin embargo en el S.S.N. se observó un incremento del 26% de producción de alevinos, estabilizando la supervivencia en el 71%, y en el S.I.A. un incremento del 10% de la producción de alevinos, con sobrevivencias del 52% por estanque.

El trabajo realizado en los grupos de reproductores, como la selección de ejemplares, reconocimiento adecuado del sexo, proporción de machos y hembras y ajuste de la tasa alimenticia, contribuyeron al incremento de la producción de larvas por hembra en los dos sistemas, con 230 larvas por hembra en el sistema seminatural y 785 en el sistema de incubación artificial, lo que hace más eficientes los reproductores aumentando las siembras de larvas mensuales. Las diferentes actividades encaminadas a la mejora de la producción de alevinos permitieron sobrepasar la meta propuesta en este trabajo estimada inicialmente en el 15%, por cuanto el incremento de la producción total de alevinos ascendió al 53%, lo cual representó una producción adicional de 830.000 alevinos.

ABSTRACT

This internship was conducted at the fish company Fish Flow Ltda. Reservoir Betania, Township Campoalegre, Department of Huila, between the months of January 2014 and August 2014. The main objective was to increase production of red tilapia fingerlings by controlling water quality and broodstock management of red tilapia (*Oreochromis sp*)

To achieve this goal, different activities and protocols were aimed at solving the various problems identified in the fish station. These included taking water samples in order to record physicochemical parameters, establishing feeding and breeding management systems, developing larval production, and recording and analyzing the production information of reproducers.

Data were obtained with weekly measurements of physicochemical parameters such as ammonium, calcium hardness, magnesium hardness, alkalinity and pH, which served as scientific criteria for adjustment and control them

Regarding treatment of water quality, it was possible to control ammonia levels and levels of alkalinity and hardness by direct application of readily available products such as molasses and dolomitic lime. This proved effective in maintaining a better medium for the production of fingerlings and improving survival in the two systems. In the semi-natural system, an increase of 26% survival was observed, up to 71%. The survival rate in the artificial incubation system increased by 10%, to 52%.

Work in the broodstocks, such as the selection of specimens, proper recognition of sex ratio of males to females, and suitable food rate, contributed to increased production of larvae per female in the two systems. There were 230 larvae per female in the semi-natural system and 785 in the artificial incubation system, marking a more efficient rate of reproduction and increased monthly plantings of larvae.

These activities were aimed at improving fingerling production by 15%. The actual increase in total population was 53%, representing an additional 830,000 fingerlings.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1 DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	20
2 OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3 MARCO TEÓRICO	23
3.1 GENERALIDADES DE LA TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis sp.</i>)	23
3.2 CICLO DE VIDA DE LA TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis sp.</i>)	25
3.2.1 Desarrollo embrionario.	25
3.2.1.1 Fase larval.	25
3.2.1.2 Alevín.	26
3.2.1.3 Juvenil.	26
3.2.1.4 Adulto.	26
3.3 CULTIVO Y EXPLOTACIÓN DE TILAPIA ROJA (<i>Oreochromis sp.</i>)	27
3.4 CALIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA.	27
3.4.1 Amonio.	27
3.4.2 Interacción de los compuestos nitrogenados con las comunidades microbianas.	29
3.4.3 Fuentes de Carbono.30	28
3.4.4 Cálculo de melaza a adicionar.	28
3.4.5 Alcalinidad.	30
3.4.6 Cal Dolomita o agrícola.	31
3.4.7 Dureza.	32
3.4.7.1 Dureza permanente.	32
3.4.7.2 Dureza temporal.	32
3.4.8 Los minerales y su efecto fisiológico.	33
3.4.9 Calcio (Ca).	33

3.4.10 Magnesio (Mg).	34
3.5 ESTANQUE DE REPRODUCCIÓN	34
3.6 SELECCIÓN DE REPRODUCTORES	34
3.7 REPRODUCCIÓN	36
3.7.1 Proporción de sexos.	37
3.7.2 Alimentación de reproductores.	37
3.7.3 Desove de tilapia roja.	38
3.7.4 Obtención de larvas.	39
3.8 PRODUCCIÓN DE ALEVINOS	39
3.8.1 Cálculo del número de alevinos producidos por hembra.	40
3.9 SISTEMA DE REPRODUCCIÓN SEMINATURAL	40
3.9.1 Problemas de productividad en los sistemas tradicionales de producción de semilla de tilapia.	42
3.10 INCUBACIÓN ARTIFICIAL	43
3.10.1 Clases de Incubadoras.	44
3.10.2 Incubadoras tipo Mc Donald.	44
3.11 LARVICULTURA	45
3.11.1 Reversión sexual.	45
3.11.2 Proceso de reversión sexual.	45
3.12 CONCEPTO DE INNOVACIÓN	45
3.12.1 Innovación de proceso.	46
4 METODOLOGÍA	47
4.1 LOCALIZACIÓN	47
4.2 MATERIALES Y EQUIPOS	48
4.3 SOCIALIZACIÓN DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR	50
4.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA	50
4.5 ACTIVIDADES DE CORRECCIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	52
4.5.1 Ajuste del amonio.	52

4.5.2	Ajuste de alcalinidad y dureza.	52
4.6	ALIMENTACIÓN	54
4.6.1	Alimentación de reproductores.	54
4.6.2	Alimentación de larvas y alevinos.	54
4.7	DISEÑO Y FABRICACIÓN DE JAPAS DE DESCANSO.	55
4.8	SELECCIÓN Y DESCARTE DE REPRODUCTORES	57
4.9	MANEJO DE LOS SISTEMAS DE REPRODUCCIÓN	57
4.9.1	Sistema de Reproducción Seminatural (S.S.N.).	57
4.9.2	Sistema de Incubación Artificial (S.I.A).	59
4.9.3	Unidades de venta de alevinos.	62
5	ALCANCE DE METAS DE PRODUCCIÓN E INNOVACIÓN	64
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	65
6.1	TRATAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA	65
6.1.1	Alcalinidad y Dureza.	67
6.2	SISTEMAS DE REPRODUCCIÓN	68
6.2.1	Sistema de reproducción seminatural (S.S.N).	68
6.2.2	Sistema Incubación Artificial (S.I.A.).	74
6.2.3	Incremento de la Producción de Alevinos.	78
7	CONCLUSIONES	80
8	RECOMENDACIONES	83
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
10	ANEXOS	88

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de Tilapia roja (Oreochromis sp.).	25
Tabla 2 Parámetros de cultivo de tilapia.	26
Tabla 3 Porcentajes de la composición química de la Cal dolomita.	32
Tabla 4 Tabla de alimentación para la reversión de larvas.	54
Tabla 5 Tabla de alimentación para alevinos.	54
Tabla 6 Incremento esperado de las variables evaluadas.	643
Tabla 7 Parámetros Fisicoquímicos de la calidad de agua en estanques producción de Alevinos.	654
Tabla 8 Comportamiento del Amonio en Estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), enero-febrero (A)	665
Tabla 9 Comportamiento del Amonio en Estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), julio-agosto (B)	665
Tabla 10 Comportamiento de la Dureza, Alcalinidad y pH en estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), ciclo enero-febrero (A).	676
Tabla 11 Comportamiento de la Dureza, Alcalinidad y pH en estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), ciclo julio-agosto (B).	676
Tabla 12 Registro de reproductores, grupos Sistema de Reproducción Seminatural (S.S.N).	709
Tabla 13 Producción de alevinos de Tilapia Roja (Oreochromis s.p.), Sistema de reproducción Seminatural en ciclo A (marzo-abril).	70
Tabla 14 Producción de alevinos de Tilapia Roja (Oreochromis s.p.), Sistema de reproducción Seminatural en ciclo B (Mayo-Junio).	721
Tabla 15 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (Oreochromis s.p.), Sistema de reproducción Seminatural, mes de mayo 2014.	732
Tabla 16 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (Oreochromis s.p.), Sistema de reproducción Seminatural, mes de agosto 2014.	743
Tabla 17 Registro de reproductores, grupos Sistema Incubación Artificial (S.I.A)	754
Tabla 18 Promedio de hembras desovadas y producción de ovas por ciclo en el sistema de Incubación Artificial (S.I.A.).	765
Tabla 19 Siembra de larvas y supervivencia Alevinos Laboratorio Periodo A y Periodo B respectivamente.	776
Tabla 20 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (Oreochromis s.p.), Sistema de Incubación Artificial, mes de mayo 2014.	776

Tabla 21 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (<i>Oreochromis s.p.</i>), Sistema de Incubación Artificial, mes de agosto 2014.	787
Tabla 22 Supervivencia de alevinos provenientes del S.S.N. en jaulas de venta mes de mayo.	787
Tabla 23 Supervivencia de alevinos provenientes del S.I.A. en jaulas de venta mes de agosto.	798
Tabla 24 Efectividad de las hembras del S.S.N.	798
Tabla 25 Efectividad de las hembras del S.I.A.	798
Tabla 26 Producción de alevinos en la piscícola Fish Flow, mes de Mayo y mes de Agosto.	809
Tabla 27 Incremento efectivo de la producción de alevinos de la empresa Fish Flow Ltda.	80
Tabla 28 Registro de peso promedio de reproductores Fish Flow Ltda.	1054

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Reacción del amonio producto de la excreción en los peces.	27
Cuadro 2 Macro elementos para el cultivo de peces.	33

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>)	243
Figura 2 Proceso de desarrollo embrionario.	254
Figura 3 Larvas recién eclosionadas de Tilapia Roja	265
Figura 4 Diferenciación sexual en Tilapia.	376
Figura 5 Delimitación territorial realizada por macho.	398
Figura 6 Extracción de reproductores en lago de reproducción.	39
Figura 7 Fotografía aérea empresa piscícola Fish Flow Ltda	498
Figura 8 Foto maquinaria y equipos de uso cotidiano.	498
Figura 9 Recolección de larvas y artes de pesca empleados.	49
Figura 10 Conteo de ovas mediante método volumétrico y sistema de incubación.	49
Figura 11 Reconocimiento en campo de reproductores hembra y macho.	50
Figura 12 Aplicación de Cal dolomita (Ca 30%, Mg 8%), para ajustar parámetros de Dureza y Alcalinidad.	543
Figura 13 Fabricación de Japas de descanso para reproductores, sistema de Incubación Artificial.	565
Figura 14 Reconocimiento y selección de loa animales óptimos para los Sistemas de Reproducción.	565
Figura 15 Descripción del proceso de reproducción de alevinos en sistema seminatural.	587
Figura 16 Recolección de larvas con artes de pesca.	598
Figura 17 Conteo y traslado de larvas.	598
Figura 18 Siembra y clasificación de larvas en estanques de reversión.	59
Figura 19 Descripción del proceso de producción de alevinos en sistema de incubación artificial.	60
Figura 20 Capacidad instalada del laboratorio de recirculación, para incubación de ovas de tilapia.	621
Figura 21 Jaulas rectangulares para venta de alevinos de venta.	632
Figura 22 Comportamiento del Amonio en Estanques de Reversión (recambio semanal del 20%) en dos periodos A. y B	665
Figura 23 Comportamiento de la Alcalinidad mg/L en el periodo A (enero-febrero) y el periodo B (julio –agosto) con recambio semanal del 20%.	687
Figura 24 Comportamiento de la Dureza en Ca en el periodo A (enero-febrero) y el periodo B (julio –agosto), con recambio semanal del 20%.	687
Figura 25 Comportamiento de la Dureza en Mg en el periodo A (Enero-Febrero) y el periodo B (Julio –Agosto) Con recambio semanal del 20%.	698

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A Matriz de estrategias DOFA, empleada para lograr los objetivos trazados.	890
Anexo B Registro de asistencia a la socialización de actividades y protocolos en la empresa Fish Flow Ltda.	910
Anexo C Protocolo para el análisis de calidad del agua.	954
Anexo D Sistema de registro control e interpretación de parámetros de calidad de agua	1032
Anexo E Protocolo para muestreo de reproductores y ajuste de alimento.	1043
Anexo F Tasa alimentación Sistema Seminatural.	1065
Anexo G Tasa alimentación Sistema de Incubación Artificial.	1076
Anexo H Registro de producción de larvas y supervivencia de alevinos en estanques de reversión en la empresa piscícola Fish Flow Ltda.	1087
Anexo I Registro de producción de larvas de los reproductores de la empresa piscícola Fish Flow Ltda.	1098
Anexo J Producción de ovas, sistema de incubación artificial, ciclo a: enero – febrero.	1121
Anexo K Producción de ovas, Sistema de Incubación Artificial, Ciclo B: marzo – abril.	1132
Anexo L Producción de ovas, Sistema de Incubación Artificial, Ciclo C: mayo – junio.	1143
Anexo M Registro de temperatura laboratorio de incubación.	1154
Anexo N Registro de parámetros Fisicoquímicos en líneas de estanques en la empresa Fish Flow Ltda.	1165

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP)¹, la producción acuícola nacional en el año 2011 fue de 82.733 toneladas, de las cuales más de la mitad correspondió a cultivos de tilapias roja (*Oreochromis sp.*) y plateada (*Oreochromis niloticus*), casi un 20% a cachamas blanca (*Piaractus brachipomus*) y negra (*Colossoma macropomun*), cerca del 7% a trucha (*Oncorhynchus mykiss*), 10% a camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), y el resto a otras especies nativas y exóticas; además en los últimos años esta actividad ha presentado un incremento progresivo dada su mayor rentabilidad en relación a otras actividades agropecuarias tradicionales, al ofertar productos cárnicos de excelente calidad nutricional, actividad que a partir del año 2008 también se ha posicionado en el mercado extranjero, incrementando progresivamente las exportaciones del país.

El departamento del Huila aporta el 53% de la producción nacional de tilapia roja y plateada, donde el embalse de Betania con 7000 Ha de espejo de agua, junto con los municipios de Garzón y Aipe, son los mayores productores, con el 51% del volumen de tilapia. Es así como en esta región de Colombia la industria piscícola se ha hecho eficiente y ofrece buenas perspectivas debido entre otros factores, al fortalecimiento de las capacidades locales, el apoyo a la transferencia de tecnológica, al desarrollo del conocimiento y la innovación, acorde a las necesidades productivas.²

“Además está consolidado como el primer productor de tilapia a nivel nacional, genera alrededor de 5.288 empleos directos e ingresos anuales promedio de 5.5 millones de dólares representados en exportaciones de tilapia roja; su desarrollo en cuanto a la cadena piscícola ha sido exitoso y ha generado múltiples oportunidades productivas, ocasionando que pequeños y grandes inversionistas decidan destinar su dinero para la producción acuícola”³

¹ AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP). La Pesca y la Acuicultura en Colombia. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Bogotá, 2014. pp.26

² RODRÍGUEZ, J. Huila Líder en Producción de Tilapia. Equipo de Agroindustria CEFA. SENA, Regional Huila. 2008. [en línea]. Disponible en internet, URL: <http://tilapiahuila.blogspot.com/2008/09/huila-lder-en-produccion-de-tilapia.html> [Citado el 8 de Noviembre de 2014]

³ INFORME DE LA CADENA PISCÍCOLA. Departamento del Huila. [en línea]. Disponible en internet , URL: <http://www.huila.gov.co/documentos/I/INFORMECADENAPISCICOLAHUILA.pdf> [Citado el 8 de Noviembre de 2014]

Se destaca que la producción acuícola hoy en día es considerada como una bio-industria⁴ de suma importancia en la seguridad alimentaria internacional y nacionalmente, siendo el cultivo de tilapia roja el que ocupa el renglón más sobresaliente dentro del cultivo de peces de agua dulce en el país; su éxito depende de la adecuada ejecución de procesos vitales como la reproducción, larvicultura y alevinaje, ya que estas fases siempre se las ha considerado como un cuello de botella de la producción acuícola.

La estación acuícola Fish Flow, es una empresa consolidada como empresa desde el año 2005,⁵ la cual se dedica a la producción intensiva de tilapia roja, realizando todo el ciclo productivo de esta especie incluyendo la producción de semilla, sin embargo algunos de los procesos productivos que se llevaban a cabo, impedían aprovechar al máximo la infraestructura y la capacidad instalada de la empresa, cuyos parámetros productivos fueron factibles de mejorar.

De acuerdo con los planteamientos anteriores, en la presente pasantía empresarial se implementaron diferentes actividades técnicas encaminadas al mejoramiento de la producción de alevinos, elaboración y seguimiento de planes de alimentación e implementación de procesos adecuados en cuanto al manejo de reproductores que propicien mayores índices de fecundidad y fertilidad, con el notable incremento de los parámetros productivos especialmente en cuanto a la supervivencia desde la obtención de semilla y fases subsecuentes, para ello se contemplaron monitoreos periódicos de parámetros físico químicos del medio acuático, implementación de sistemas de información con registros permanentes de variables productivas y estandarización de protocolos en las actividades de: análisis y control de la calidad del agua, selección de reproductores, muestreos y alimentación, planificación de grupos de reproductores, y el control y seguimiento de producción eficiente de larvas y alevinos.

⁴ EUROPEAN COMMISSION. Resultado resumido, Asociación Acuícola Entre Asia Y Europa, Bélgica, 2013., pp 1. [In Line]. Disponible en internet, URL: http://cordis.europa.eu/result/rcn/91177_es.html [Citado el 3 de marzo de 2015].

⁵ CÁMARA Y COMERCIO DE NEIVA, Matricula N° 00150620, 28 de julio del año 2005, y renovación el 28 de marzo del 2014.

1 DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa Fish-Flow ha venido trabajando con tilapia roja y actualmente dispone de dos sistemas para la producción de alevinos: Sistema de Reproducción Seminatural (S.S.N), y Sistema de Incubación Artificial (S.I.A.), cuyo manejo no era el adecuado como se puede observar en el Anexo I, donde se muestra la fecundidad de las hembras. Además estos sistemas no permitían solventar las necesidades productivas de la empresa, presentando cierta problemática en cuanto al manejo y control de la calidad de agua dado que se limitaba a realizar análisis sin tener una frecuencia regular (Anexo N), y el sistema de monitoreo no estaba establecido acorde con las exigencias fisiológicas de una producción de alevinos óptima.

En este sentido específicamente uno de los mayores inconvenientes detectados se relacionó con bajos niveles de minerales esenciales como magnesio y calcio determinados con un equipo YSI 9500 fotómetro, que afectan los parámetros de dureza, alcalinidad y pH, ó por el contrario altos niveles de amonio que en determinadas unidades de cultivo, generan situaciones de estrés ambiental para los animales, afectando su desempeño reproductivo y la supervivencia en los alevinos. Al respecto se tomaron medidas innovadoras como la inclusión de melaza y cal dolomita al agua, necesarias para tener control de los niveles de estos parámetros, solventando con criterio científico los aspectos que se desarrollarán plenamente en el presente trabajo.

Procesos como el suministro de alimento se realizaban de forma empírica y sin tener en cuenta la biomasa de cada grupo, situación que ocasionaba que algunos animales tanto del S.S.N y S.I.A no generaban una óptima producción de semilla. Con base a la problemática descrita, se diseñaron propuestas para cuantificar la cantidad de alimento a suministrar acordes a los estándares adecuados para la alimentación de reproductores.

Finalmente, se observaron inconsistencias en el manejo de los grupos de reproductores en cuanto a la relación de sexos, dado que en los 18 grupos correspondientes al S.S.N., 12 presentaron una relación de hasta 4 hembras por cada macho y en los 6 grupos restantes se pudo contabilizar hasta 6 hembras por cada macho, esta situación se presentaba dado que no se realizaba un reconocimiento y cuantificación del sexo en el momento oportuno, disminuyendo la eficiencia en la producción de semilla.

En relación a este aspecto Salama⁶ afirma que la proporción recomendada para el proceso reproductivo es de 3 hembras por cada macho, lo cual permite optimizar la producción de alevinos y se reflejaría en la rentabilidad de la empresa.

El manejo de reproductores en el S.S.N., no proporcionaba un control adecuado de la relación machos-hembras durante el año, ya que en los traslados de los animales no se cuantificaban el número de machos y hembras en cada grupo, por la ausencia de registros.

Por otra parte los reproductores que producen semilla para el S.I.A. utilizan una proporción de hembras por macho adecuada, sin embargo la problemática se relaciona con la programación de periodos de descanso fisiológico para las hembras, tal situación disminuye la eficiencia en cuanto a la producción de huevos y la fecundidad de cada hembra, reportando valores de producción de 2.400 a 3.000 huevos por kilogramo de peso vivo de las hembras según el diagnóstico realizado en el ciclo de enero-febrero del año 2014 (Anexo I).

Con el fin de solucionar la problemática que se presentaba en la empresa, así como también optimizar las metodologías de producción; durante el desarrollo de la presente pasantía empresarial se implementaron medidas técnicas que contribuyeron a la solución de las situaciones descritas anteriormente, incrementando de manera significativa la producción de alevinos generada por la empresa.

⁶ SALAMA, M. Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Alevines, pp 90. [in line]. Aquaculture Research. 1996.[Citado el 16 de noviembre del 2014]

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Incrementar la producción de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) mediante la aplicación de buenas prácticas de manejo e innovadoras técnicas de producción, en la estación piscícola Fish-Flow, Huila, Colombia.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema de información para el control de la calidad del agua que permita la toma de decisiones oportunas con criterio científico.
- Aplicar metodologías estandarizadas en el manejo de reproductores de tilapia roja, que permitan mejorar la producción de alevinos en la empresa piscícola Fish-Flow Ltda.
- Medir la fecundidad de hembras y el porcentaje de supervivencia de alevinos en reversión de tilapia roja, incrementando los niveles de producción.

3 MARCO TEÓRICO

Según Botero:

La acuicultura en Colombia ha tenido un crecimiento equiparable al del crecimiento mundial de esta actividad, siendo en promedio el 13 % anual durante los últimos 27 años, crecimiento que se ha destacado especialmente en el campo de la mediana y pequeña acuicultura. La actividad ha ido reemplazando la producción pesquera nacional de extracción o captura, al punto que en el año 2011 representó el 51,4 % de la producción pesquera total, lo cual posiciona al país en el sexto lugar en orden de importancia de la acuicultura en América Latina.⁷.

En este mismo sentido la Autoridad Nacional de Pesca y Acuicultura (AUNAP)⁸ sostiene que la producción de tilapia roja ha cobrado vital importancia en el contexto del sector agropecuario colombiano, por su aporte a la oferta de alimento, fuente de empleo y divisas para la economía nacional. Por lo anterior el cultivo eficiente y productivo de esta especie requiere del conocimiento de los aspectos biológicos y de las funciones fisiológicas susceptibles y de los aspectos técnicos de la producción de ser aprovechadas por el hombre para beneficio propio tal como sucede con la fisiología de la reproducción, tema central del presente trabajo.

3.1 GENERALIDADES DE LA TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*).

“La tilapia es un pez teleósteo, del orden Perciforme perteneciente a la familia *Cichlidae* y originario de África, habita la mayor parte de las regiones tropicales del mundo donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento”⁹.

El mismo autor sostiene que es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades (44,5 animales/m³, en jaulas flotantes), resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno (cercas a 3 ppm) y es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques, y puede ser manipulado genéticamente, siendo un híbrido proveniente de líneas mejoradas partiendo de las cuatro especies parentales del híbrido son: *Oreochromis aureus*, *Oreochromis niloticus*,

⁷ BOTERO, A. J. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia AUNAP – FAO., 2013., pp. 2

⁸ AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP). La Pesca y la Acuicultura en Colombia. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Bogotá, 2014. pp.25

⁹ CANTOR, Fernando. Manual de Producción de Tilapia, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, México, 2007, pp. 5.

Oreochromis mossambicus y *Oreochromis urolepis hornorum*. El desarrollo de este híbrido permitió obtener muchas ventajas sobre otras especies, como alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura de carne y una coloración de muy buena aceptación en el mercado (Figura 1).

Figura 1 Tilapia roja (*Oreochromis sp.*)



3.1.1 Clasificación taxonómica: Según Lim, & Webster¹⁰, la clasificación taxonómica de la tilapia roja es:

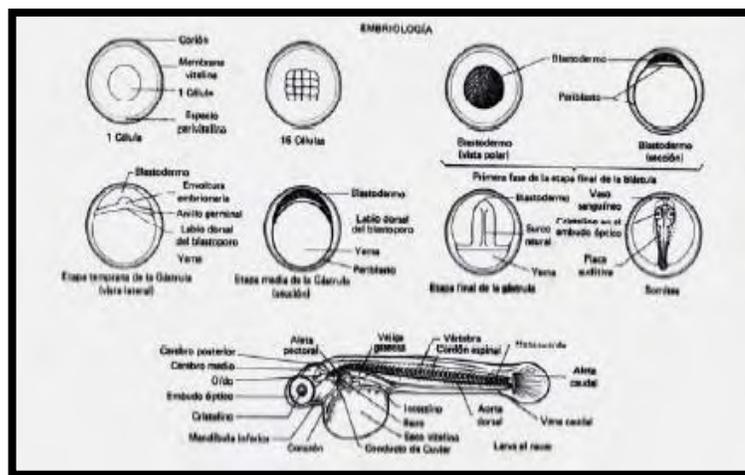
Reino: Animal
Phylum: Cordata
Grupo: Craniana (Vertebrata)
Superclase: Piscis
Clase: Osteichtys
Orden: Perciformes
Familia: Cichlidae
Género: *Oreochromis sp.*
Nombre común: Tilapia roja

¹⁰ LIM, C. & WEBSTER, C. Tilapia, Biology, culture and nutrition. New Cork, Unites States: Food Products Press, 2006, pp. 3.

3.2 CICLO DE VIDA DE LA TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*)

3.2.1 Desarrollo embrionario. Cantor¹¹ plantea que cuando se lleva a cabo la fecundación, a medida que avanza la división celular las células comienzan a envolver el vítelo hasta rodearlo completamente, dejando en el extremo una abertura que más tarde se cierra. Posteriormente, una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio peri-vitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente (Figura 2). Según Lim y Webster¹², el ciclo de vida de la tilapia comprende solo cuatro etapas básicas:

Figura 2 Proceso de desarrollo embrionario.



Fuente: Cantor F. (2007)

3.2.1.1 Fase larval. Es la etapa del desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión, dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, la post larva, se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre que es de donde se alimenta los primeros días de nacido. (Figura 3).

¹¹ CANTOR, Fernando. Manual de Producción de Tilapia, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, México, 2007, pp. 16.

¹² *Ibíd.*, pp. 15-19.

Figura 3 Larvas recién eclosionadas de Tilapia Roja



Fuente: Cantor F. (2007).

3.2.1.2 Alevín. En esta fase los peces ya han reabsorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, finalizan esta etapa con una talla que varía entre 1 y 5 cm.

3.2.1.3 Juvenil. Son peces con una talla que varía entre 5 y 10 cm, la cual alcanzan a los 2 meses de edad y aceptan alimento balanceado para crecimiento.

3.2.1.4 Adulto. Es la última etapa del desarrollo, los individuos presentan talla entre 10 y 18 cm y pesos de 70 a 100 gr, características que obtienen alrededor de los 3.5 meses de edad. (Tabla 1).

Tabla 1 Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de Tilapia roja (*Oreochromis sp.*).

Estadio	Talla (cm)	Peso (gr)	Tiempo (días)
Huevo	0,2-0,3	0.01	3-8
Larva	0,7-5	0.10-4.7	10-30
Juvenil	5-10	10-50	45-60
Adulto	10-18	70-100	70-90

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

3.3 CULTIVO Y EXPLOTACIÓN DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*)

Según Josupeit¹³, la tilapia roja presenta beneficios que hacen de esta especie una de las candidatas acuícolas por excelencia, debido a su crecimiento relativamente rápido, es una especie prolífica, posee buen rendimiento con dietas bajas en proteína animal, excelente capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, siendo su único limitante la temperatura del agua que no debe ser inferior a los 18°C, sin embargo los parámetros de la calidad del agua se deben tener en cuenta para su óptima explotación.

3.4 CALIDAD DE AGUA PARA EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA.

De acuerdo con Cantor¹⁴, la calidad del agua es uno de los factores determinantes en el éxito de una producción piscícola. El mismo autor establece que los peces requieren de condiciones mínimas para realizar sus funciones vitales, por tal razón se hace necesario un control permanente de los parámetros físicos y químicos del agua, ajustándolos a los requerimientos de las especies. (Tabla 2.)

Tabla 2 Parámetros de cultivo de tilapia.

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

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

3.4.1 Amonio. Cantor¹⁵ sostiene que es un producto de la excreción, producto de la orina de los peces y de la descomposición de la materia (degradación del material vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (en forma gaseosa) es el primer producto de excreción de los peces, y en elevadas concentraciones en el ambiente acuático es un elemento tóxico para los peces. La reacción que ocurre se la puede observar en el cuadro 1.

¹³ JOSUPEIT, H. El mercado mundial para la Tilapia. Infopesca Internacional. Montevideo, Uruguay, 2005. pp. 650.

¹⁴ CANTOR, F. Manual de producción de tilapia, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, México, 2007, pp 30.

¹⁵ CANTOR, F. Manual de Producción de Tilapia, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, México, 2007, pp 33.

Cuadro 1 Reacción del amonio producto de la excreción en los peces.

NH₃ + H₂O	NH₄OH	NH₄⁺ + OH⁻
Forma no ionizada. Forma tóxica. Producto de excreción de los peces. Degradación de la MO.	Su velocidad de conjugación con el agua depende del pH	Forma ionizada forma no tóxica

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

El mismo autor expresa que la toxicidad del amonio en forma no ionizada (NH₃), aumenta con una baja concentración de oxígeno, un pH alto (alcalino) y una temperatura alta. En pH bajos (ácidos) no causa mortalidades.

Según Cantor¹⁶ 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 supervivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen).

El mismo autor establece que el amonio es tóxico, ya que depende del pH y la temperatura del agua, los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el rango de 0,6 a 2,0 ppm.

Se puede realizar la estimación de la producción de nitrógeno amoniacal total (PNAT), basándose en la formula presentada por Timmons et al¹⁷, que se basa en la siguiente tasa de alimentación de los peces.

$$\text{PNAT} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{día}} \right) = \frac{F \times PC \times 0,092}{\text{Tiempo}}$$

Dónde.

F = Kg de alimento suministrado al día.
PC = Porcentaje de proteína cruda del alimento.
Tiempo = 1 día.
0,092 = Constante.

¹⁶ *Ibíd.*, pp.34

¹⁷ TIMMONS, M. B. et al. Traducido por PARADA, G HEIVA, M. Sistemas de recirculación para la acuicultura, Santiago, Chile. Fundación Chile. 2002, pp. 99.

La constante de la ecuación de nitrógeno amoniacal total se basa en una serie de aproximaciones y estimaciones que al ser multiplicadas resulta un valor de 0,092.

$$0,092=0,16 \times 0,80 \times 0,80 \times 0,90$$

16% (Proteína con 16% de nitrógeno).

80% nitrógeno es asimilado.

80% nitrógeno asimilado es excretado.

90% de nitrógeno excretado como NAT más un 10% de urea.

Todo el NAT es excretado durante el periodo de tiempo "t".

3.4.2 Interacción de los compuestos nitrogenados con las comunidades microbianas. Según Poleo, et al, citados por Velásquez D. y Huacas A.¹⁸, las bacterias heterotróficas se encargan de captar los complejos nitrogenados liberados por los peces y utilizarlos en su crecimiento, eliminando la toxicidad del agua por amonio y nitritos.

Ladino y Rodríguez, sostienen que: "el crecimiento bacteriano está asociado a la relación C:N que existe en el medio, en condiciones óptimas debe encontrarse en un rango que varía entre 10:1 – 20:1. Dentro de los sistemas de producción intensivos los peces excretan tal cantidad de Nitrógeno equivalente a la relación 3:1. En estas condiciones, la escasez de Carbono orgánico asimilable impide la incorporación del Nitrógeno circundante por parte de las bacterias"¹⁹. Los mismos autores sostienen que las bacterias a partir de sus procesos metabólicos son capaces de utilizar el Nitrógeno inorgánico circulante reduciendo su cantidad en la columna de agua y en el sedimento de los cultivos, reciclando la materia orgánica acumulada.

¹⁸ VELÁSQUEZ D & HUACAS A. Efecto del Biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio. Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2013., pp. 32

¹⁹ LADINO, G y RODRÍGUEZ, J. Efecto de *Lactobacillus casei*, *saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes) y melaza en la ganancia de peso de tilapia (*Oreochromis sp.*) en condiciones de laboratorio. [en línea], Orinoquia. Meta, Colombia., Vol. 13., pp. 33. Disponible en internet: <http://redalyc.uaemex.mx//scr/inico/ArtPdfRed.jsp?iCve=89612776006>.

3.4.3 Fuentes de Car bono. “Si se utiliza un material que contenga Carbono como la melaza, el almidón, la tapioca y otros, ajustando la relación C:N en una proporción adecuada, las bacterias tomarán el amonio del agua y crearán una proteína microbiana”²⁰

Fajardo y Sarmiento²¹, describen la melaza como una mezcla muy compleja, heterogénea y que puede variar considerablemente dependiendo de la variedad de la caña de azúcar, suelo, clima, periodo de cultivo, eficiencia en el proceso de fabricación, sistema de ebullición del azúcar etc., en general se caracteriza por tener sólidos disueltos de 68% - 75% y un pH de 5 – 6,1 con Carbono de un 38,8%, además contiene sacarosa, glucosa y compuestos como fructosa y rafinosas que pueden ser fermentables, pero también sustancias no fermentables como caramelos libres de nitrógeno y aminoácidos compuestos.

3.4.4 Cálculo de melaza a adicionar. Según lo descrito por Timmons et al.²², en la relación de carbono nitrógeno 5:1, se tiene en cuenta la producción de nitrógeno total, la cual se puede obtener mediante un equipo YSI fotómetro, o con la aplicación de la fórmula ya mencionada. Una vez obtenido este dato se calcula la cantidad de melaza a adicionar aplicando la siguiente expresión.

$$XKgC = \frac{AKgC}{AKgN} * NAT$$

Donde,

XKg C (Kg) = Cantidad de carbono sin tener en cuenta el porcentaje de C de la melaza.

AKg C/AKg N = Relación C/N empleada.

NAT (Kg/día)= Producción de Nitrógeno.

Una vez determinada la XKg C, se procede a verificar la cantidad de melaza total a aplicar teniendo en cuenta el porcentaje de carbono de la melaza.²³

²⁰ REYES, Manuel. Aplicación de tecnología Bioflocs en el cultivo de Tilapia. [en línea] Revista industria acuícola. Junio 2006. Vol 6., Disponible en internet: <http://issuu.com/industriaacuicola/docs/industria-acuicola-bol.-6.6>.

²¹ FAJARDO Erika y SARMIENTO Sandra. Evaluación de la melaza de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de grado. Microbiología industrial. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana., Facultad de ciencias. 2007., pp. 23.

²² TIMMONS, M. B. et al. Traducido por PARADA, G HEIVA,M. Sistemas de recirculación para la acuicultura, Santiago , Chile. Fundación Chile. 2002, pp. 99.

²³ *Ibíd.*, pp 99.

$$YKgC = \frac{XKgC * 100}{\%C \text{ melaza}}$$

Donde,

YKg C (Kg) = Cantidad de melaza a adicionar.

XKg C (Kg) = Cantidad de melaza sin tener en cuenta el porcentaje de C de la melaza.

% C = Porcentaje de carbono de la melaza.

3.4.5 Alcalinidad. Se refiere a la capacidad del agua a resistir los cambios de pH, mientras más alta sea la alcalinidad, más estable es el pH del agua, además equivale a la concentración total de carbonatos y bicarbonatos en el agua. La alcalinidad afecta la toxicidad del sulfato de cobre en tratamientos como alguicida y moluscos (moluscida), (en baja alcalinidad aumenta la toxicidad de éste para los peces).²⁴

Cantor²⁵ sostiene que cuando los valores de alcalinidad total están por debajo de 20 mg/l se debe encalar con Cal Agrícola o carbonato de calcio (2,000 a 3,000 Kg/Ha), por lo general una vez al año en tratamiento directamente al fondo que esté aún húmedo, o se puede optar por tratamientos por ciclo productivo de 50 gr/m².

Chávez²⁶ afirma que la alcalinidad, no sólo representa el principal sistema amortiguador del agua dulce, sino que también desempeña un rol principal en la productividad de cuerpos de agua naturales, sirviendo como una fuente de reserva para la fotosíntesis. Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa.

El mismo autor establece que dicha correlación se debe en parte a que la disponibilidad del carbono es mayor en lagos alcalinos y también al hecho de que las rocas sedimentarias que contienen carbonatos, a menudo contienen también concentraciones relativamente altas de nitrógeno y fósforo.

Actualmente los tipos de cal que existen en el mercado son; cal viva (óxido de calcio), cal apagada o cal hidratada (hidróxido de calcio) y la cal agrícola o dolomita (carbonato de calcio y magnesio), esta última es la más recomendada para la enmiendas de suelos. La cal se debe aplicar con cierto grado de humedad,

²⁴ *Ibíd.*, pp.37

²⁵ *Ibíd.*, pp.37

²⁶ CHÁVEZ, R. J. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009, pp. 7

ella no solo neutraliza la acidez de los suelos, sino que también permite que nutrientes como calcio y magnesio puedan asimilarse fácilmente por los organismos que ahí habitan, además neutraliza nutrientes tóxicos como el aluminio, finalmente como si fuera poco cumple funciones sanitarias para controlar hongos del suelo dañinos que se desarrollan en ambientes ácidos.²⁷

“En estanques fertilizados y productivos, que contengan peces, la alcalinidad debe ser mayor a 20 mg/L en aquellos situados en clima templado y una mayor concentración para los estanques que efectúan una alta producción de Tilapia en los trópicos. Cuando el agua posee baja alcalinidad, la práctica más común utilizada para su mejoramiento, es el encalado, para lo cual se utiliza el Óxido de calcio, hidróxido y el carbonato de calcio y magnesio.”²⁸

“Su eficiencia dependerá del tipo de material, granulometría y valor neutralizante, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las presas de zooplancton del tamaño y especie correctas para las larvas o alevines. La producción de fitoplancton requiere adecuada cantidad de carbono proveniente del CO₂ atmosférico o bien del carbono aportado por las rocas y los suelos a través del agua. La alcalinidad del agua se refiere a su contenido en CO₂ libre, carbonatos y bicarbonatos y su concentración indicará la reserva de carbono inorgánico y la disponibilidad de CO₂ para la realización de la fotosíntesis por las algas.”²⁹

3.4.6 Cal Dolomita o agrícola. “Es un mineral bastante común en las rocas sedimentarias continentales y marinas y se puede encontrar en capas de varios cientos de metros. También se forma por un metasomatismo magnésico de calizas y por actividad hidrotermal.”³⁰

“La dolomita no se forma actualmente en la superficie terrestre y es todo un enigma para los mineralogistas, que la encuentran muy comúnmente. Reduce la acidez del suelo y los niveles de elementos tóxicos, aumenta la disponibilidad del

²⁷ BRACAMONTE, J. Tipos de cal y por qué debes aplicar cal a los suelos agrícolas. Venezuela, 2009., pp. 1. [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=176416> [Citado el 30 de Enero de 2015]

²⁸ *Ibíd.*, pp. 1

²⁹ EGNA, H & BOYD, C. Dinámica de los estanques en acuicultura. 1997. pp.19.[Sistema de información] Disponible en internet, URL: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/05-acuicultura_sagpya.pdf [Citado el 31 de Enero de 2015]

³⁰ CAL EN TERRENOS DOLOMÍTICOS. pp.11 [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL:http://anfagal.org/media/Biblioteca_Digital/Alimentos/CAL_DOLOMITICA_EN_LA_INDUSTRIA_AZUCARERA.pdf [Citado el 30 de Enero de 2015]

nitrógeno y la liberación del fósforo, en la célula mejora el intercambio de bases calcio, magnesio y potasio y acelera la descomposición de materia orgánica.”³¹

En la Tabla 3, se hace la comparación de algunos porcentajes de la composición química de la Cal dolomita.

Tabla 3 Porcentajes de la composición química de la Cal dolomita.

Cal dolomita Tipo 1.		Cal dolomita Tipo 2.		Cal dolomita Tipo 3.	
Calcio	21,7 %	Ca	30.41 %	CaO	30%
Magnesio	13,2 %	Mg	21.86 %	MgO	15%
Carbono	13 %	C	47.73 %	C	55%
Oxigeno	52 %	O ₂			
TOTAL	100%		100 %		100 %

Fuente. Norma ICONTEC 40 y resolución del ICA

3.4.7 Dureza. Según Chávez J³², la dureza de las aguas es producida sobre todo por las sales de calcio y magnesio y en menor proporción por las de hierro, aluminio y otros metales. La gran mayoría de sales se pueden eliminar, filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorban los iones metálicos, que producen la dureza y liberando los iones sodio en el agua.

3.4.7.1 Dureza permanente. Dureza Residual ó Dureza No-Carbónica, al exceso de los valores de dureza sobre los de la alcalinidad, las aguas que poseen este tipo de dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio más carbonato de calcio (cal). Causada por Cloruros, Sulfatos y Nitratos de calcio y magnesio.

3.4.7.2 Dureza temporal. Se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio principalmente., puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo que se esteriliza el agua, también es llamada como Dureza de Carbonato. Causada en el agua por los bicarbonato y carbonatos de Calcio y Magnesio. Si la Alcalinidad excede la dureza total, toda la dureza es considerada como dureza de carbonato; Si la dureza excede a la alcalinidad, la dureza de carbonato es igual a la Alcalinidad.

³¹ Ibíd., pp.2

³² CHÁVEZ, R. J. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009, pp. 8

3.4.8 Los minerales y su efecto fisiológico. Según lo descrito por Chávez J.³³ a excepción de los elementos orgánicamente ligados, hidrógeno, carbono, nitrógeno y oxígeno, existen aproximadamente 20 ó más elementos minerales que son considerados como esenciales para la vida animal, incluyendo peces y camarones. Los macro elementos minerales esenciales, son clasificados en dos grupos principales, acorde a su concentración en el cuerpo animal, como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2 Macro elementos para el cultivo de peces.

Macro elementos	
Principales Cationes	Principales Aniones
Calcio (Ca)	Fosforo (P)
Magnesio (Mg)	Cloro (Cl)
Sodio (Na)	Azufre (S)

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

3.4.9 Calcio (Ca). Chávez, J.,³⁴ afirma que el calcio es de gran relevancia, dado que activa cierto número de enzimas que han de producir ATP para energía, además es esencial para la coagulación normal de la sangre, al estimular la liberación de la tromboplastina de las plaquetas sanguíneas. El mismo autor establece que el calcio es un activador de varias enzimas claves, incluyendo la lipasa, necesaria para descomponer las moléculas de las proteínas.

“A través de su papel en la activación enzimática, el calcio estimula la contracción muscular (promueve el tono muscular y el latido cardíaco normal) y regula la transmisión del impulso nervioso de una célula a otra, por medio de su control en la producción de acetilcolina. El calcio es absorbido a través del tracto gastrointestinal (gracias a la acción de la vitamina D3), por las branquias, piel y aletas de peces y crustáceos.”³⁵

³³ *Ibíd.*, pp. 9

³⁴ CHÁVEZ, R. J. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009, pp. 10

³⁵ *Ibíd.*, pp. 10

3.4.10 Magnesio (Mg). Chávez J.³⁶ sostiene que el magnesio contribuye a activar las enzimas para la producción del ATP necesario para la energía muscular, las figuras de acción y contracción muscular, y su efecto, para activar las enzimas peptidasas, utilizadas en la digestión de las proteínas. El Calcio, Sodio, Potasio y Fósforo dependen del Magnesio para promover una absorción eficaz, en todos los sistemas musculares, del cuerpo de un organismo vivo.

3.5 ESTANQUE DE REPRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta lo descrito en el Manual de crianza de Tilapia de Fiagro³⁷ para la siembra de reproductores, los estanques deben tener entre 500 y 1500 m² para facilitar la recolección de alevinos y la cosecha. Para asegurar una producción alta y constante, es importante monitorear con frecuencia parámetros como oxígeno disuelto cuyo valor óptimo oscila entre 6,5 a 7 mg/L, pH neutro o ligeramente alcalino y turbidez no mayor a 30 cm del disco sechi, así como realizar procesos de secado y encalado de estanques, es recomendable una proporción de 0,1 kg para suelos con pH mayor a 7. En los estanques de reproducción es necesario tener un sistema anti pájaros como mallas, para evitar la depredación de camadas y ataques a reproductores adultos.

3.6 SELECCIÓN DE REPRODUCTORES

Smitherman et al³⁸, afirman que para la selección de reproductores (sexage de ejemplares), se debe tener en cuenta aspectos fenotípicos y si es posible genotípicos, con el propósito de obtener descendencia de muy buena calidad.

De los aspectos fenotípicos, se destacan su peso promedio entre 250 – 500 gr, talla entre 12 – 13 cm, edad de cinco a seis meses, el espécimen debe poseer un cuerpo proporcionalmente ancho comparado con su longitud, es decir, que su cabeza quepa más de 1,5 veces el ancho del cuerpo, tener cabeza redonda y pequeña, buena conformación corporal (buen filete, pedúnculo caudal corto, etc), libre de toda malformación, ser cabezas de grupo y estar sexualmente maduro, poseer buena coloración y libre de manchas una vez destacados estos aspectos de los ejemplares se procede a

³⁶ *Ibíd.*, pp. 11

³⁷ FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA (FIAGRO). Manual de Crianza de Tilapia. El Salvador, FIAGRO. 2006., pp. 18 : Disponible en internet, URL:www.fiagro.org/sv/archivos/0/356.doc

³⁸ SMITHERMAN, R.; SIRAJ, S.; GALLUSER, S. & DUNHAM, R. Reproductive traits for three year classes of *Tilapia nilótica* and maternal effects on their progeny. en: L. Fishelson and Z. Yaron (Compilers), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 1983. pp. 218.

la siembra en el estanque la cual se recomienda entre 1.5 - 3 animales/m² y cuya proporción debe ser de tres hembras por cada macho.³⁹

Espejo y Torres⁴⁰ aseguran que para el cálculo de una producción final de animales, o kilogramos de peces por unidad de volumen o área a producir, es necesario estimar acertadamente la cantidad de reproductores, huevos, larvas y alevinos a obtener y finalmente juveniles a sembrar. Experiencias realizadas por éstos mismos autores han establecido que el tamaño ideal de los reproductores en el cual alcanzan el mayor pico de producción, se encuentra entre los 160 y 300 g.

Para Daza, et al⁴¹, las tilapias son conocidas como peces muy fértiles y de fácil emparejamiento; en el género *Oreochromis*, el dimorfismo sexual es más acentuado y aparentemente es la hembra la que selecciona al macho por cortejo, el mismo autor establece que los machos de éste género son territoriales y son altamente prolíficos, pueden fecundar varias hembras en periodos cortos de tiempo.

Hepher y Pruginin citados por Solarte⁴², establecen que cada hembra produce de a 2.000 a 3.000 huevos por cada kilogramo de peso, los cuales son desovados y fertilizados en forma natural, ocasionando súper población en la unidades de cultivo, situación que afecta el crecimiento y la conversión alimenticia disminuyendo la productividad y la rentabilidad de las empresas piscícolas, puesto que la hembra desvía todas las energías del crecimiento a procesos reproductivos, como la ovulación, desove y cuidado parental.

“En ésta especie la diferenciación sexual se puede realizar externamente cuando las tilapias tienen entre 20 y 30 g. El método más práctico utilizado se basa en que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urinario.”⁴³

“El ano esta siempre bien visible y es un agujero redondo. El orificio urogenital del macho es un pequeño punto en el extremo de la papila. La papila genital está bien

³⁹ *Ibid.*, pp. 218

⁴⁰ ESPEJO, Carlos y TORRES, Enrique. *Fundamentos de Acuicultura Continental*. Bogotá, Colombia: INPA, 2001. pp. 284.

⁴¹ DAZA, Victoria; LANDINES, Miguel y SANABRIA, Ana. *Reproducción de peces en el trópico*. Bogotá, Colombia: INPA, 2001. pp. 183.

⁴² SOLARTE, G. Ana. *Evaluación de diferentes densidades en incubación de huevos de Tilapia Roja (*Oreochromis* sp), mediante un sistema de recirculación artificial, en la estación piscícola Alto Magdalena, Gigante, Huila, Colombia.*, Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2008., pp.28.

⁴³ *Ibid.*, pp. 28.

desarrollada y dividida en largos filamentos blanquecinos, que durante el periodo de reproducción pueden alcanzar varios centímetros. El orificio de la hembra es microscópico, apenas visible a simple vista, mientras que el poro genital se encuentra en una hendidura perpendicular al eje del cuerpo.”⁴⁴ (Figura 4.)

Figura 4 Diferenciación sexual en Tilapia.



Fuente: Lizcano R (2014)

Según Daza et al⁴⁵, el comportamiento de las tilapias es influenciado por el sistema reproductivo de la misma especie. Todas las tilapias del género *Oreochromis* presentan cuidado parental, o sea, incubación y protección en la boca de la madre de huevos y larvas durante sus primeros días de vida.

⁴⁴ DAZA; LANDINES y SANABRIA., 2001., Op. Cit. pp. 149.

⁴⁵ Ibid., pp. 149.

3.7 REPRODUCCIÓN

3.7.1 Proporción de sexos. Según lo considerado por Salama⁴⁶, la proporción de hembras y machos es de 3:1 es la más comúnmente utilizada por los operarios de hatcheries de tilapia, las proporciones inferiores (2:1 o 3:1 comparadas con 4:1 o más) dan como resultado una producción de semilla mayor. La producción de larvas según la proporción de hembras y machos desciende de 5:1 a 2:1, esto debido a que un macho realiza su trabajo reproductivo más veces en cada ciclo, desgastándolo y obteniendo como resultado bajas fecundidades. Entre los aspectos destacados en el cultivo de tilapia roja esta su reproducción sexual temprana, los machos en un periodo aproximado de 4 a 6 meses y las hembras de 2 a 3 meses, alcanzando un peso promedio de 50 a 100 gr y longitudes entre 10 y 12 cm, desde el punto de vista productivo esto es ventajoso porque en la actualidad muchas granjas acuícolas se dedican a la obtención de alevinos como alternativas para complementar el ciclo productivo de grandes productores, además de divisas y generación de empleo.

3.7.2 Alimentación de reproductores. Wee & Tuan⁴⁷ sostienen que hace varios años, los piensos contenían niveles de proteína (40% y superiores) ya que se pensaba que eran necesarios para la alimentación de los reproductores de tilapia, pero la investigación y la experiencia práctica indican que los piensos de engorde que contienen 28-32% de proteína bruta y un tamaño de pellet de 4,5 a 5mm, pueden ser los apropiados para las necesidades nutricionales de los reproductores.

Según Gunasekara et al.⁴⁸, alimentar las tilapias con niveles de proteína de 32 y 40% hacen que crezcan y maduren más rápidamente que los alimentados con niveles de proteína bruta de 10, 17 y 25%. Se ha establecido que la alimentación de reproductores de tilapia con niveles del 10% de proteína bruta prolonga el intervalo entre puestas y reduce el número de huevos por puesta. Los reproductores alimentados con un 35% de proteína reacondicionan sus ovarios

⁴⁶ SALAMA, M. Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Alevines, pp 90. [En línea]. Aquaculture Research. 1996.[Citado el 16 de noviembre del 2014]

⁴⁷ WEE, K. & TUAN, N. 1988. Effects of dietary protein level on growth and reproduction in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: R.S.V. Pullin; T. Bhukaswan; K. Tonguthai and J.L. Maclean (Editors). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Department of Fisheries, Bangkok, Tailandia and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas.1988, pp. 410.

⁴⁸ GUNASEKARA, R.; SHIM, K. & LAM, T. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*.1996, pp. 134.[En línea] Aquaculture and Fisheries Management 24:399-405.[Citado el 16 de noviembre del 2014]

más rápidamente que aquellos que han sido alimentados con piensos de 10 y 20% de proteína.

El mismo autor sostiene que los reproductores se deben alimentar al 1,5% de la biomasa en lo posible de dos a tres raciones al día.

3.7.3 Desove de tilapia roja. Según lo descrito por Watanabe⁴⁹ el desove de tilapia roja inicia con una serie de eventos características de la especie que presenta un comportamiento reproductivo (apareamiento) en cautiverio, después de tres o cuatro días de sembrados los reproductores se acostumbran a su nuevo medio, luego en el fondo del estanque el macho delimita y defiende su territorio, limpiando un área circular de 20 a 30 cm de diámetro para posteriormente excavar con su boca alcanzando profundidad de 5 a 8 cm. (Figura 5.)

El mismo autor sostiene que la hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho para luego depositar sus huevos en el nido y fertilizarlos por el macho. La hembra recoge los huevos con su boca y se aleja del nido. El macho continua cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse, para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día. Antes de la eclosión los huevos son incubados de tres a cinco días dentro de la boca de la hembra. Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre por un periodo adicional de cinco a siete días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha. Durante este periodo de incubación y cuidado de larvas, las hembras no se alimentan.

Figura 5 Delimitación territorial realizada por macho.



⁴⁹ WATANABE, W.; SMITH, S.; WICKLUND, R. & OLLA, B. Hatchery production of Tilapia roja de Florida seed in brackishwater Tanques under natural-mouthbrooding and clutch-removal methods. Aquaculture, 1992, pp. 88.

3.7.4 Obtención de larvas. Para consecución de larvas Ocampo⁵⁰ da a conocer varios sistemas, en uno de los cuales se procede a la cosecha de reproductores hacia el día 17 después de haber ingresado al estanque y se dejan las larvas para ser reversadas. La desventaja de este sistema es que ofrece bajos índices de reversión.

“Otro método es la recolección de larvas, después del día 10 de sembrados los reproductores se deben recolectar a diario las larvas para ser trasladadas a tanques o Japas en donde es suministrado alimento hormonado; los reproductores permanecen allí hasta el día 45 cuando son trasladados a otro estanque para iniciar un nuevo ciclo. Finalmente la obtención de ovas, en la cual a las hembras se les retiran las ovas de su cavidad bucal, realizando una diferenciación entre ovas recién fecundadas y ovas embrionadas, para ser incubadas artificialmente en unidades separadas. Este sistema posee una mayor ventaja ya que proporciona un mejor índice de reversión sexual y un adecuado número de alevinos por hembra.”⁵¹ (Figura 6.)

Figura 6 Extracción de reproductores en lago de reproducción.



Fuente: Lizcano R. (2014)

3.8 PRODUCCIÓN DE ALEVINOS

Castillo, F.,⁵² sostiene que para esta fase, todas las consideraciones se realizan de acuerdo a las necesidades de producción comercial de alevinos, en cantidad

⁵⁰ OCAMPO, F. Cultivo de tilapia, una alternativa de desarrollo socio-económico, Director Nacional Acuicultura, Neiva, CONTEGRAL S.A. 2007, pp. 16.

⁵¹ Ibíd., pp. 16.

⁵² CASTILLO, F., La historia genética e hibridación de la tilapia roja; Santander de Quilichao, Colombia, 1994., pp.97.

suficiente para mantener el nivel de producción de la piscícola y en lo posible un abastecimiento de alevinos a otros productores.

3.8.1 Cálculo del número de alevinos producidos por hembra. Castillo⁵³ sostiene que:

El número de crías producidas por hembra se calcula de la siguiente manera:

$$A = \frac{B + M}{H}$$

Dónde:

A = Producción de crías por hembra.

B = Producción neta. (Producción de crías en el tiempo final del ciclo reproductivo).

M = Mortalidad estimada entre el nacimiento y la cosecha del grupo de alevinos.

H = Numero de hembras por grupo.

3.9 SISTEMA DE REPRODUCCIÓN SEMINATURAL

Para Hopher y Pruginin⁵⁴, la reproducción natural consiste en ofrecer al pez ciertas condiciones medio ambientales para la reproducción propia de su especie. El manejo que se realiza en estos individuos trata de simular ciertos aspectos biológicos involucrados en su actividad reproductiva. Las estrategias utilizadas para esto son:

- a. Proporcionar un sustrato artificial para el desove, como nidos y superficies que faciliten el desove del pez, simulando al medio natural.
- b. Simular condiciones naturales manejando corriente de agua, relaciones macho-hembra, densidades adecuadas, foto-periodos, sustratos de postura, propiedades físico-químicas como temperatura, pH, salinidad, dureza, oxígeno y todas aquellas que tengan un papel preponderante en la biología del pez.

⁵³ *Ibíd.*, pp.98.

⁵⁴ HEPHER y PRUGININ., Cultivo de peces comerciales. Zaragoza, España: Limusa, 1987. pp.76.

Para Ramírez⁵⁵, el sistema tradicional de producción de alevinos de las tilapias está basado en la captura de larvas del estanque para separarlas de los reproductores y seleccionarlas, utilizando las larvas de talla menor de 12 mm, posteriormente son colocadas en tanques en donde se realiza la reversión sexual con alimento balanceado incorporándole hormona masculinizante, para obtener poblaciones monosexo, solo machos.

Suresh mencionado por Solarte⁵⁶, sostiene que los sistemas para producir semilla para el cultivo de tilapias varían de un lugar a otro según la demanda local de ésta, las condiciones geográficas y ambientales y los factores económicos. A pesar de que en la actualidad se dispone de tecnológicas adecuadas y fiables para controlar esta reproducción mediante la producción de semillas exclusivamente de machos, muchos pequeños productores todavía utilizan semillas de ambos sexos para la siembra de sus estanques. Para estos, los alevinos producidos en sus estanques son el material de siembra para posteriores engordes.

“Una forma más intensiva de producción de semilla que es la más ampliamente practicada es el uso de estanques de reproducción. En este sistema, se destinan estanques específicamente para la producción de larvas y alevines. Los estanques suelen ser pequeños (100 – 1000 m²) y son bien manejados por medio de fertilización, control del agua, etc. Los reproductores son mantenidos en los estanques y alimentados. Las larvas y alevinos son capturados con redes de pesca periódicamente (diariamente, semanalmente o quincenalmente).”⁵⁷

En los reproductores, la temperatura del medio es determinante, interviene en la actividad en general y particularmente en la alimentaria; las temperaturas anormalmente bajas disminuyen el apetito y la potencialidad de captura de larvas. Cuando las reservas de grasa están agotadas, son las gónadas las que suministran los metabolitos suficientes que les permite sobrevivir a los peces. Las glándulas sexuales juegan un papel importante de último órgano de reserva, detrimento de la reproducción⁵⁸.

⁵⁵ RAMÍREZ, Reinaldo. Sistemas de producción de alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis sp*): Conferencia 12. En: Seminario internacional de acuicultura (5°: 2005: Santa Fe de Bogotá). Memorias del V Seminario internacional de acuicultura. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional, 2005. pp.69

⁵⁶ SOLARTE, G. Ana. Evaluación de diferentes densidades en incubación de huevos de Tilapia Roja (*Oreochromis sp*), mediante un sistema de recirculación artificial, en la estación piscícola Alto Magdalena, Gigante, Huila, Colombia., Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2008., pp.53

⁵⁷ *Ibíd.*, pp.54

⁵⁸ BERNABE, Gilbert. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura, Zaragoza, España: Acribia, 1996. pp.363.

Bocek mencionado por Coral⁵⁹ reitera que en 21 días los peces reproductores deben cosecharse y separarse de sexo en tanques y por espacio de dos semanas se debe mantener en estanques separados, antes de sembrarlos en los estanques de reproducción nuevamente. El ciclo puede extenderse por más de 21 días si la producción de las larvas permanece alta. Sin embargo, el canibalismo de las larvas grandes por las más pequeñas puede causar grandes reducciones en la población después de 3 a 4 semanas; por lo tanto la reducción del número de larvas es una señal para drenar el tanque y comenzar un nuevo ciclo.

Solarte G.,⁶⁰ sostiene que cuando se tiene hembras de un peso de 300 gr y una producción promedio baja de 1.500 huevos/hembra, se calcula que menos del 10 % de todos esos huevos eclosionan y terminan la fase de reabsorción vitelino.

3.9.1 Problemas de productividad en los sistemas tradicionales de producción de semilla de tilapia. Suresh⁶¹ afirma que, la maduración precoz, la facilidad de reproducción, la realización de puestas frecuentes y múltiples y el elevado nivel de cuidados parentales son los obstáculos que se presentan en los sistemas tradicionales de producción de semilla de tilapia.

El mismo autor menciona que el primero de todos, la reproducción incontrolada que conduce a la sobrepoblación, que frena la producción de semilla en los estanques de reproducción. En estos sistemas, la cantidad producida de larvas normalmente aumenta rápidamente después de que los reproductores son introducidos y luego disminuye gradualmente; este fenómeno se atribuye a dos razones principales: uno, es imposible recolectar todas las larvas liberadas, de forma que el estanque pronto estará superpoblado con los animales resultantes de las puestas precoces.

“Esto conlleva a un aumento en la competencia por el alimento y el espacio que redundan en una disminución de la producción de semilla. También, se produce un considerable número de casos de canibalismo de larvas jóvenes por parte de larvas mayores que producen un descenso en la producción de la semilla. La segunda razón es que la puesta de las hembras no ocurre en

⁵⁹ CORAL, Iván. Reproducción y comercialización de tilapia roja *Oreochromis sp.* San Juan de Pasto, Colombia. Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2005, pp.15.

⁶⁰ SOLARTE, G. Ana. Evaluación de diferentes densidades en incubación de huevos de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*), mediante un sistema de recirculación artificial, en la estación piscícola Alto Magdalena, Gigante, Huila, Colombia., Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2008., pp.53.

⁶¹ SURESH, Azul. Recent advances in tilapia broodstock management. Saint Louis: Acuicultura proceedings, 1999., pp.3. [en línea] disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=87> [Citado el 15 de noviembre del 2014.]

forma sincronizada, justo después de que los nuevos reproductores introducidos completen su primera puesta. Como resultado, la producción de larvas se produce de forma continua, pero a un ritmo bajo. Debido a este comportamiento de puesta asíncrona también aumentan las probabilidades de que se produzca canibalismo entre las larvas. Así mismo la inversión de tiempo y energías por parte de las tilapias en practicar los cuidados parentales también es causa de una inferior productividad en los sistemas de producción de larvas de tilapia. Las hembras de *Oreochromis* sp, normalmente incuban las larvas en su boca unos 10 días. Durante este periodo están privadas de la mayoría de los alimentos y como resultado, necesitan de un periodo de aproximado de dos semanas para reacomodarse antes de volver a desovar. Por lo tanto es necesaria cualquier reducción en el periodo de incubación bucal o de reacondicionamiento para aumentar la productividad de los reproductores.”⁶²

3.10 INCUBACIÓN ARTIFICIAL

De acuerdo con Zimmerman⁶³, los huevos fecundados son retirados de la cavidad oral y son divididos en grupos dependiendo del estadio de desarrollo; además los huevos se desinfectan sumergiéndolos en soluciones de formalina (0,08%) o peróxido de hidrogeno (0,015%), para evitar infecciones de patógenos.

El mismo autor sostiene que los huevos de la especie de *Oreochromis* se incuban en recipientes con fondo redondeado, ajustando el caudal adecuado que permite la continua rotación de los huevos, los rangos de temperatura aconsejados para incubación es de 24 – 32°C, con un óptimo de 28 – 29°C; si se mantienen estas temperaturas constantes se pueden lograr supervivencias cercanas al 80% en aproximadamente 96 horas.

El mismo autor sostiene que debido a su gran tamaño (1.4 – 2.2 mm), y peso (3.8 – 7.8 mg), tienden a caer rápidamente al fondo del recipiente por lo cual se debe mantener un flujo de agua constante, simulando el movimiento de rotación que los huevos sufren en la boca de la hembra.

Las incubadoras o recipientes cilíndricos o cónicos con flujo de agua descendente se pueden obtener hasta un 59% de sobrevivencia. Las principales pérdidas son debidas a daños físicos causados al corion de los huevos y algunas veces por stress debido a un imbalance osmótico y contaminación bacteriana o por hongos.

Una ventaja añadida de este método es que permite la incubación artificial de los huevos y larvas con saco vitelino que tiene como resultado la obtención de larvas

⁶² Ibíd., pp. 3

⁶³ ZIMMERMAN, S. Incubación artificial. Técnica que permite la producción de tilapias del Nilo genéticamente superiores. Panorama de acuicultura. 1999, pp. 21.

de tamaño uniforme y edad conocida a las que se les puede aplicar la reversión sexual con hormonas de forma más efectiva.

Watanabe et al.,⁶⁴ describieron que las larvas obtenidas mediante incubación artificial son significativamente mayores y más viables de las resultantes de la incubación natural en la boca de la hembra.

El mismo autor sostiene que las japas, jaulas de red de malla fina, que pueden construirse de forma más sencilla y mantenerse en estanques o incluso en lagos y lagunas, han demostrado que son efectivos sistemas de mantenimiento de reproductores en Asia. Little⁶⁵ demostró que una japa de 40 m² puede producir 3000-5000 larvas de *O. niloticus* por día.

3.10.1 Clases de Incubadoras. Woynarovich, E. & Horváth, L.,⁶⁶ establecen que las incubadoras son recipientes cónicos o cilindro cónico, de materiales diversos como vidrio, plástico y en general de cualquier material inerte. Una incubadora debe funcionar con abastecimiento constante de agua, a fin de mantener los huevos en movimiento ya que de otro modo se adhieren entre si mueren; adicionalmente, la renovación constante del agua permite eliminar los catabolitos, como dióxido de carbono y amoniaco, y después de cada ciclo de incubación se debe lavar y desinfectar cada recipiente.

3.10.2 Incubadoras tipo Mc Donald. Los mismos autores sostienen que el vaso de Mc Donald es un recipiente cilíndrico con fondo esférico donde el agua entra por un tubo que llega hasta el fondo del cilindro y en su movimiento ascendente mueve y mezcla la masa de huevos continuamente; se puede sembrar a una densidad máxima de 20.000 huevos por litro.

En las incubadoras de forma cilíndrica, los huevos, separados unos de otros, se mueven y mezclan continuamente, mientras el agua que entra aporta oxígeno suficiente y arrastra consigo todos los desechos. Es importante regular bien la entrada del agua para evitar que los huevos sufran daños⁶⁷.

⁶⁴ WATANABE, W.O. y Kuo, C.M. 1992. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. En revista Aquatic. N° 49: pp 5. (2001). [en línea] disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=87> [Citado el 12 de noviembre del 2014.]

⁶⁵ LITTLE, D.C.; Macintosh, D.J. y Edwards, P. 1993. Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). [En línea] Aquaculture and Fisheries Management 24:399-405.[Citado el 15 de noviembre del 2014].

⁶⁶ WOYNAROVICH, E. & HORVÁTH, L. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Brasil: FAO, Junio 1981. Disponible en Internet: URL: <http://www.fao.org/DOCREP/005/AC908S/AC908S00.HTM>. [Citado 24 Enero, 2008].

⁶⁷ *Ibíd.*, pp. 12.

3.11 LARVICULTURA

3.11.1 Reversión sexual. Según Guerrero⁶⁸, las investigaciones de cambio de sexo de Cíclidos, se han pasado en las mismas premisas que en los Carácidos. Se piensa que estos peces no son sexualmente diferenciados, durante un período de su vida y que la administración de hormonas durante esta etapa puede cambiar el sexo en sentido opuesto al que está fijado genotípicamente.

En investigaciones propuestas por Sanico⁶⁹ se encontró que la 17 alfa-metil-testosterona fue más efectiva que la 17 metil-testosterona para conseguir reversión de sexo en hembras de Tilapia aurea. La dosis de hormona más recomendada para asegurar no menos del 90% de éxito en la reversión en condiciones controladas es de 60 mg/kg de alimento suministrado en la dieta de larvas durante un periodo de no menos de 21 días.

3.11.2 Proceso de reversión sexual. De acuerdo con Castillo⁷⁰ en tilapia es importante el cultivo mono sexo de machos, los cuales ofrecen mejores rendimientos en cuanto a crecimientos, conversión alimenticia y paridad en tallas, para esto se inicia la alimentación de los alevinos a los tres días después de haber absorbido todo su saco vitelino. Es importante suministrar la dieta, ya que no han desarrollado sus gónadas (testículos y ovarios) entonces el proceso de reversión sexual consiste en actuar en ese momento, la idea es que los alevinos se formen como machos aportándoles la hormona necesaria para tal fin, cabe anotar que el alimento concentrado que viene pulverizado se le mezcla con hormona masculina llamada 17alfametilttestosterona (reversarina).

3.12 CONCEPTO DE INNOVACIÓN

El manual de OSLO⁷¹ refiere la innovación como la concepción e implantación de cambios significativos en un producto, el proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados. Los cambios innovadores se realizan mediante la aplicación de nuevos conocimientos y

⁶⁸ GUERRERO, R. El uso de andrógenos sintéticos para la producción de monosexo machos de tilapia aurea (Steindachner). Ph. D. Disertación, Auburn, University, Auburn, Alabama, 1986, pp. 97.

⁶⁹ SANICO, A. Efecto de 17 etilttestosterona y estrógeno en sexo de tilapia aurea (Steindachner). M.S. Tesis Auburn University, Auburn, Alabama. 1975, pp 26.

⁷⁰ CASTILLO, A. Tilapia roja 2000 una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito once años después. Ensayo. Colombia, 2000, pp. 36.

⁷¹ OFICINA DE TRASFERENCIA DE RESULTADOS E INVESTIGACIÓN, RESUMEN DEL MANUAL DE OSLO SOBRE INNOVACIÓN, Concepto de innovación, Septiembre 2010., pp. 2

tecnología que pueden ser desarrollados internamente, en colaboración externa o adquiridos mediante servicios de asesoramiento o por compra de tecnología.

El mismo manual establece que el grado de novedad del cambio resulta esencial para considerar su carácter innovador así como la introducción por primera vez de cambios significativos en los cuatro ámbitos; producto, proceso, marketing y organización.

3.12.1 Innovación de proceso. El manual de OSLO⁷² establece que la innovación de un proceso se logra mediante cambios significativos en las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos empleados, que tengan por objeto la disminución de los costos unitarios de producción o distribución, mejorar la calidad, o la producción o distribución de productos nuevos o sensiblemente mejorados.

Las innovaciones de proceso incluyen también las nuevas o sensiblemente mejoradas técnicas, equipos y programas informáticos utilizados en las actividades auxiliares de apoyo tales como compras, contabilidad o mantenimiento.

⁷² Ibíd., pp. 5

4 METODOLOGÍA

4.1 LOCALIZACIÓN

La represa de Betania, localizada al sur occidente del departamento del Huila, a 35 km de Neiva, en la cuenca alta del río Magdalena, sobre 550 msnm, con temperaturas promedio ambiental de 28°C, temperatura del agua promedio de 26°C y con precipitaciones promedio de 1680 mm⁷³, esta situación hace a este cuerpo de agua ideal para el cultivo de especies tropicales como es el caso de la tilapia roja.

La empresa piscícola Fish Flow se encuentra ubicada en el embalse de Betania y pertenece al municipio de Campoalegre, geográficamente sobre la llamada “Quinta Isla”, en cercanías a las compuertas de la hidroeléctrica y al puerto de Seboruco. Cuyas coordenadas son las siguientes: 2°41’21.15” latitud norte y a 75°25’56.67” longitud oeste.⁷⁴ Además está constituida como una sociedad de responsabilidad limitada⁷⁵ y pertenece al sector primario de la economía dado que se dedica a la producción y comercialización de alevinos.

De acuerdo a lo descrito en el permiso de cultivo expedido por el Instituto Agropecuario Colombiano (ICA),⁷⁶ la empresa cuenta con un área total de espejo de agua en tierra de 60.000 m², constituida por 116 estanques, con un volumen aproximado de 825 m³ cada uno, con profundidad promedio de 1,45 m, destinados a la producción y levante de semilla de tilapia roja; el agua es bombeada desde la represa mediante el uso de tres motobombas eléctricas de tres pulgadas, ubicando las dos primeras en la parte norte y la segunda en la parte nororiental de la isla. (Figura 7.)

⁷³ Gobernación del Huila. Represa de Betania. Disponible en dirección electrónica: http://turismo.huila.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=37956:represa-de-betania&catid=3:cul-contenido&Itemid=1 [citado el 13 de diciembre del 2014]

⁷⁴ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, (ICA).Resolución N°000064, permiso de cultivo de Tilapia roja a la sociedad PISCÍCOLA FISH FLOW Ltda. 14 de enero 2009, pp 1.

⁷⁵ CÁMARA Y COMERCIO DE NEIVA, Matricula N° 00150620, 28 de julio del año 2005, y renovación el 28 de marzo del 2014.

⁷⁶ INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, (ICA).2009., Op. Cit. pp. 2.

Figura 7 Fotografía aérea empresa piscícola Fish Flow Ltda



Fuente: Lizcano, R. (2006)

4.2 MATERIALES Y EQUIPOS

La empresa cuenta con diferentes equipos tales como: maquinaria de transporte fluvial, dos canoas con motores 2,5 Hp, dos lanchas con motor de 9 y 15 Hp, y un planchón equipado con un motor de 20 Hp

Además posee una camioneta equipada con bala de oxígeno, un tanque de 1.500 litros y una mezcladora eléctrica de 2 Hp con capacidad de 100 Kilogramos hora.

Para el monitoreo de calidad de aguas se cuenta con un equipo YSI 9.500 fotómetro, el cual tiene un amplio espectro de medición de parámetros como: pH, alcalinidad, dureza magnésica, dureza cálcica, amonio, nitritos, oxígeno, hierro, potasio, además de una báscula de 10 Kg de capacidad, y una balanza 1 Kg de capacidad. (Figura 8.)

Figura 8 Foto maquinaria y equipos de uso cotidiano.



Artes de pesca como: tamices de malla de 300 micras, nasas, baldes de 12 L, tinas plásticas de 40 L, coladores, seleccionador de larvas, chinchorros de malla de un cuarto de pulgada y una pulgada, son empleados para actividades cotidianas como: recolección, traslado y clasificación de larvas, cosecha de alevinos y traslado de reproductores. (Figura 9.)

Figura 9 Recolección de larvas y artes de pesca empleados.



El S.I.A. cuenta con 75 incubadoras tipo Mc Donald, de cuatro litros cada una, destinadas a la incubación de ovas embrionadas de tilapia roja, de igual manera se dispone de 125 bandejas de reabsorción para la obtención de larvas. Para las labores diarias en el laboratorio de cuenta con un Beaker de 1000 ml, baldes plásticos de 10 litros, tinas plásticas de 40 litros y para la desinfección de ovas se emplea peróxido de hidrogeno. (Figura 10.)

Figura 10 Conteo de ovas mediante método volumétrico y sistema de incubación.



Para el proceso de la selección de las mejores alternativas que ayuden a alcanzar los objetivos planteados se tomó como punto de partida un análisis DOFA, (Anexo A.) a partir del cual se dio el direccionamiento necesario de los procesos y actividades para la adecuada producción de alevinos en la empresa Fish Flow Ltda.

4.3 SOCIALIZACIÓN DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Se realizó la socialización en campo (Anexo B) de los protocolos y actividades de mejora e innovación en adición de insumos al agua para mejora de los parámetros fisicoquímicos, toma de muestras de agua, manejo técnico de reproductores, explicándole al personal la importancia de la recolección de agua para su análisis, reconocimiento de las hembras y los machos para una adecuada relación en el grupo de reproducción y el ajuste de la tasa de alimentación. (Figura 11.)

Figura 11 Reconocimiento en campo de reproductores hembra y macho.



4.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA MANEJO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para el adecuado análisis de la calidad del agua se tuvo en cuenta un protocolo diseñado para la toma de muestras de agua (Anexo C) en los estanques de producción de alevinos y en algunos casos los estanques de reproductores mediante la implementación del protocolo de aplicación del equipo YSI 9500 fotómetro. (Anexo C).

El seguimiento a la evolución de la calidad del agua, se realizó mediante el diseño de una tabla en Excel, en la que se registraron parámetros de importancia como: pH, alcalinidad, dureza magnésica, dureza cálcica y amonio del agua de los estanques evaluados. Esta tabla resalta automáticamente aquellos niveles inadecuados para cada parámetro, sin embargo se debe tener en cuenta su correcta y oportuna interpretación, actuando en cada caso considerando aspectos importantes como edad de los animales, densidad de siembra y tasa de alimentación. (Ver Anexo D.)

Tomando en cuenta que la calidad del agua es uno de los factores determinantes en el éxito de una producción piscícola, Cantor⁷⁷ sostiene que los peces requieren de condiciones mínimas para realizar sus funciones vitales, por tal razón el control permanente de los parámetros físicos y químicos del agua, ajustándolos a los requerimientos de las especies contribuye a tal éxito.

4.5 ACTIVIDADES DE CORRECCIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

4.5.1 Ajuste de amonio. En el caso de amonio, cuando los niveles se encontraron por encima de 0,5 mg/L de NH₄, se adicionó melaza (40% de C), en una proporción de 3,5 partes de carbono contra una de nitrógeno (3,5:1).

Para calcular la cantidad de melaza a adicionar, se tuvo en cuenta la estimación de la carga de nitrógeno amoniacal total (PNAT), basada en la tasa de alimentación de cada estanque, para lo cual se empleó la ecuación formulada por Timmons et al.⁷⁸

La melaza se adicionó al boleo, distribuida alrededor de los estanques de reversión y en algunos casos los estanques de reproductores, con el fin de abarcar la mayor parte de la columna de agua y finalmente el fondo del estanque, donde este compuesto fuente de carbono orgánico activará las bacterias nitrificantes.

Ebeling, mencionado por Benavides y López,⁷⁹ establece que los procesos de nitrificación comienzan cuando las bacterias oxidan el amonio, lo que conduce a una reducción del nitrógeno amoniacal total (NAT), generando condiciones favorables para el bienestar de los animales.

4.5.2 Ajuste de alcalinidad y dureza. En este caso, se adicionó cal dolomita, lo cual aumenta los niveles de calcio y en una menor proporción magnesio, y estabiliza los valores de alcalinidad del agua, fundamental para el bienestar de la biota acuática, dado que proporciona un efecto buffer en el pH.

⁷⁷ CANTOR, Fernando. Manual de producción de tilapia, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, México, 2007, pp 30.

⁷⁸ TIMMONS, M.B. et al. Traducido por PARADA, G HEIVA, M. Sistemas de recirculación para la acuicultura, Santiago, Chile. Fundación Chile. 2002, p. 99.

⁷⁹ BENAVIDES, Luis & LÓPEZ, Wilmer. Evaluación del efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en condiciones de laboratorio. Pasto, Colombia. Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuicola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2012. pp 45.

Según lo descrito por Chávez R⁸⁰, el calcio en conjunción con los fosfolípidos, juegan un papel fundamental en la regulación de la permeabilidad de las membranas celulares y consecuentemente sobre la captación de nutrientes por la célula.

Además sostiene que el magnesio contribuye a activar las enzimas para la producción del ATP necesario para la energía muscular, las figuras de acción y contracción muscular, y su efecto, para activar las enzimas peptidasas, utilizadas en la digestión de las proteínas. El mismo autor sostiene que el calcio, sodio, potasio y fósforo dependen del magnesio para promover una absorción eficaz, en todos los sistemas musculares, del cuerpo de un organismo vivo.

Para el balance de estos elementos se tuvo en cuenta los parámetros tomados en las muestras de agua, y considerando una cantidad adecuada de Ca en el agua para cultivo de peces de 20 mg/L.

Para realizar el cálculo de Cal dolomita a adicionar, se obtiene la cantidad de Ca en mg/L que hay en el agua de cultivo y se procede a utilizar la siguiente expresión:

$$y \frac{mg}{L} = i \frac{mg}{L} - x \frac{mg}{L}$$

Dónde:

Y mg/L = Cantidad del elemento a balancear sin tener en cuenta el porcentaje de Ca en la cal dolomita.

X mg/L = Cantidad del elemento en el agua.

i mg/L = Cantidad ideal del elemento a balancear.

Una vez determinado el Y mg/L, se procede a verificar la cantidad de cal dolomita total a aplicar teniendo en cuenta el porcentaje de Ca de la cal dolomita (30%).

$$y \frac{mg}{L} Ca = \frac{x \frac{mg}{L}}{\% Ca}$$

Dónde:

Y mg/L Ca = Cantidad de Cal dolomita a adicionar.

% Ca = Porcentaje de Ca en la Cal dolomita

A continuación se procede a realizar las conversiones correspondientes para expresar la cantidad de cal en Kg por estanque.

⁸⁰ CHÁVEZ, R. J. Manual de análisis de aguas, Criterios biológicos en la interpretación de los análisis de Campo. Junio 2009. pp 55.

La aplicación se hace al boleó, incluyendo agua para disolver el producto y distribuirlo por el contorno de la estanque como se muestra en la figura 12.

Figura 12 Aplicación de Cal dolomita (Ca 30%, Mg 8%), para ajustar parámetros de Dureza y Alcalinidad.



4.6 ALIMENTACIÓN

4.6.1 Alimentación de reproductores. Se puso en marcha una programación de muestreos para los reproductores de ambos sistemas, con el fin de ajustar el alimento suministrado a razón del 1,5% de la biomasa según lo descrito por Gunasekara et al.,⁸¹ además la distribución del alimento se realizó en el perímetro del estanque con el fin de que la mayor parte de los animales tengan acceso al alimento; los muestreos se llevaron a cabo teniendo en cuenta el protocolo que se describe en el Anexo E.

Para el S.S.N., el muestreo se realizó cada vez que se trasladaron los animales a un estanque nuevo, es decir, al comienzo de cada ciclo de reproducción. Los reproductores del S.I.A. fueron muestreados cada cuatro semanas, dado que los animales son trasladados a nuevas japas con el fin de reponer los ejemplares que se escapan de la recolección de huevos. (Anexo F y G.)

4.6.2 Alimentación de larvas y alevinos. La alimentación para larvas en reversión se realiza con concentrado comercial de 45% de proteína en harina mezclado con hormona de reversión 17 alfa metil testosterona, completando un ciclo de 21 días en ambos sistemas de reproducción (S.S.N. y S.I.A.). El suministro de alimento diario se hace teniendo en cuenta la Tabla 4., en seis comidas al día, y distribuyéndolo en la periferia de la estanque con el fin de que sea consumido por la mayor parte de la población de manera uniforme.

⁸¹ GUNASEKARA, R.; SHIM, K. & LAM, T. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*.1996, pp. 134.[En línea] *Aquaculture and Fisheries Management* 24:399-405.[Citado el 16 de noviembre del 2014].

Tabla 4 Tabla de alimentación para la reversión de larvas.

Larvas Sembradas / estanque		90.000			
Semana	Consumo Larva / día(gr) (24° a 32°)	Consumo Grupo (gr)/día	Consumo Grupo (gr)/ración	Consumo Grupo (kg)/semana	Consumo Grupo bulto (40kg)/semana
1	0,01	900	113	6,30	0,16
2	0,03	2.700	450	18,90	0,47
3	0,05	4.500	750	31,50	0,79
Total				56,7	1,42

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

Tabla 5 Tabla de alimentación para alevinos.

Alevinos en Jaula		200.000				
Semana	Consumo gr/ día/pez	Consumo Grupo (gr)/día	Consumo Grupo (gr)/ración	Consumo Grupo (kg)/semana	Consumo Grupo/bulto (40kg)/día	Consumo Grupo bulto (40kg)/semana
1	0,10	20.000	5.000	140	0,5	3,5
2	0,20	40.000	10.000	280	1,0	7,0
Total					1,5	10,5

4.7 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE JAPAS DE DESCANSO.

Se realizó el diseño, fabricación e instalación de 4 japas de descanso para los reproductores del laboratorio como se observa en la Figura 13; cada japa tiene 5 metros de largo por 4 metros de ancho, y una profundidad promedio de 1,40 m, obteniendo un volumen de 28 m³. Se logró constatar que en la mayoría de los grupos al cabo de cuarta semana en la japa de descanso, permanecía el 42% de la población total del grupo, a una densidad promedio de 4,75 animales/m³.

Figura 13 Fabricación de Japas de descanso para reproductores, sistema de Incubación Artificial.



El proceso consiste en la separación de las hembras que produzcan ovas cada jornada, en las japas instaladas, de igual forma se sacan los machos en otra japa conservando en el grupo la proporción adecuada de 3 hembras por 1 macho; a la cuarta semana el grupo se traslada a una nueva japa y se incorporan los animales que permanecieron en descanso.

En los diferentes grupos de reproductores se realizó el sexaje de los animales, reconociendo los mejores ejemplares y ajustando una relación de tres hembras por cada macho según lo descrito por Salama⁸². (Figura 14.)

Figura 14 Reconocimiento y selección de los animales óptimos para los Sistemas de Reproducción.



⁸²SALAMA, M. Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Alevines, pp 90. [En línea]. Aquaculture Research. 1996.[Citado el 16 de noviembre del 2014]

4.8 SELECCIÓN Y DESCARTE DE REPRODUCTORES

En los dos sistemas de reproducción se realizó jornadas de selección y descarte de animales defectuosos, tomando en cuenta las consideraciones de Smitherman et al⁸³ donde se establece una adecuada selección de reproductores, como tamaño de la vesícula urogenital, adecuada relación de largo/ancho, edad y peso promedio entre otras.

4.9 MANEJO DE LOS SISTEMAS DE REPRODUCCIÓN

4.9.1 Sistema de Reproducción Seminatural (S.S.N.). En la Figura 15., se describe de manera detallada el flujo de los procesos para la producción de alevinos mediante el Sistema de Reproducción Seminatural (S.S.N).

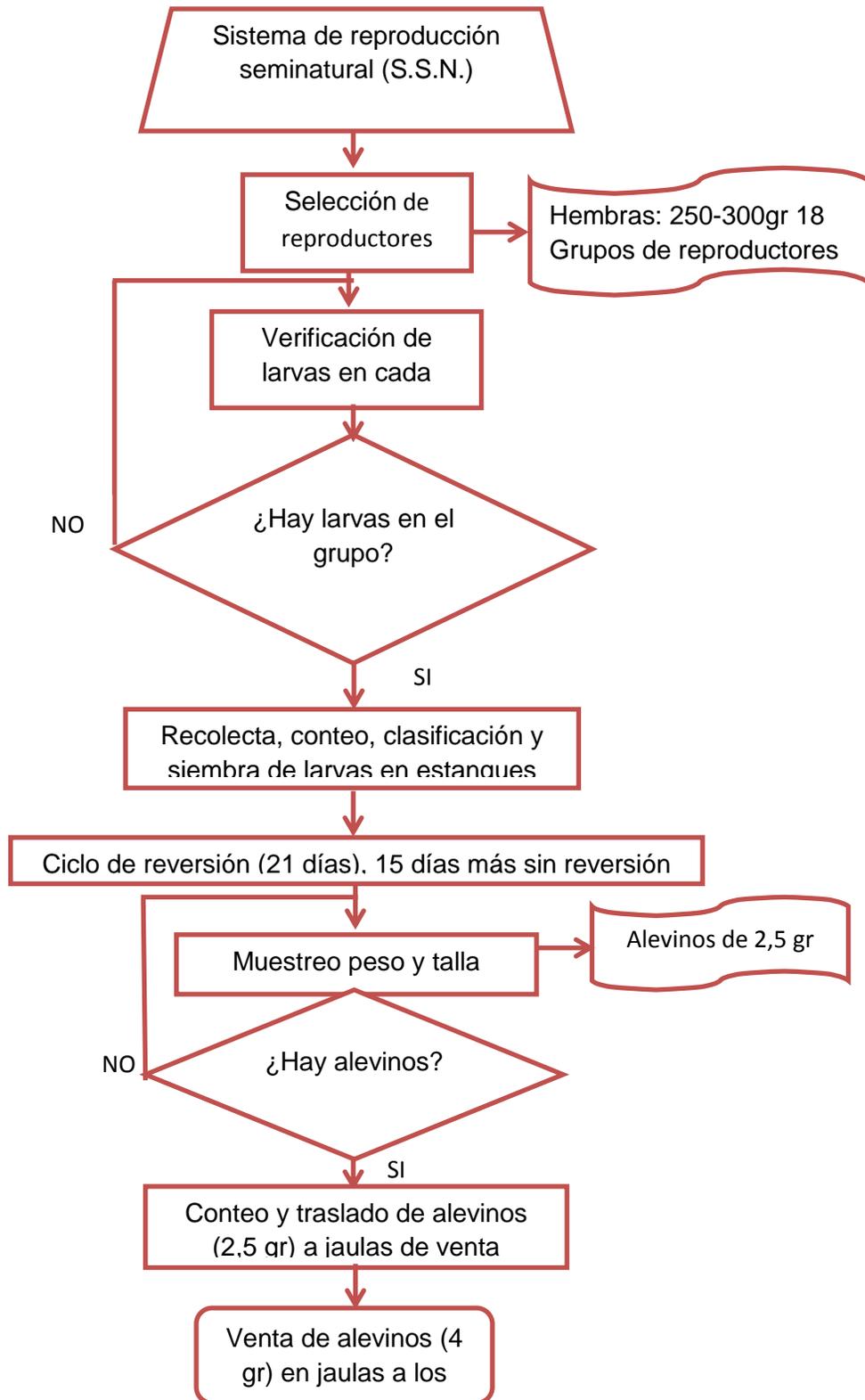
Este sistema contaba con 12.600 hembras, y 5.800 machos, para un total de 18.400 reproductores, no obstante el número de reproductores se redujeron dado que se realizó la selección y descarte de ejemplares antes mencionada. Se conformaron 18 grupos, cada uno ubicado en un estanque, donde la proporción de hembras por cada macho presentaba una variación, de dos a seis hembras/macho.

El proceso comienza con la preparación del estanque que alojará a los reproductores que generarán la semilla, dejando dos días de secado y desinfección al sol, posteriormente encala con cal agrícola a razón de 50 g/m².

Este sistema de reproducción (S.S.N) consiste en la recolección de larvas, cada cuatro días, realizando una serie de arrastres a lo largo de los estanques de reproducción, empleando para ello chinchorros y tamices con el fin de atrapar la mayor cantidad de larvas posible. (Figura 16).

⁸³ SMITHERMAN, R.; SIRAJ, S.; GALLUSER, S. & DUNHAM, R. Reproductive traits for three year classes of *Tilapia nilótica* and maternal effects on their progeny. en: L. Fishelson and Z. Yaron (Compilers), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 1983. pp. 218.

Figura 15 Descripción del proceso de reproducción de alevinos en sistema seminatural.



Una vez realizado este proceso, las larvas se cuentan y se trasladan en tinas plásticas de 40 L, a las unidades de reversión, llevando un registro de la producción mensual de cada grupo (ver Anexo H y I.).

Para efectos de saber cuántas larvas se capturaron, son contadas en una cuchara sopera, posteriormente se multiplica por el número de cucharadas obtenidas y así conseguir el total de larvas producidas. (Figura 17.)

Finalmente, el proceso de larvicultura se realiza en estanques de 825 m³ a una densidad de 200 a 400 larvas/m³. Las larvas permanecen en las unidades de cultivo un promedio de 36 días, periodo en el cual se realiza el proceso de reversión durante los primeros 21 días, alcanzado un peso promedio de 2,5 gramos; posteriormente los animales sobrevivientes se trasladan a las jaulas de pre-cría, dando paso a su comercialización.

Figura 16 Recolección de larvas con artes de pesca.



Figura 17 Conteo y traslado de larvas.



Al momento de la siembra en los estanques de reversión se hace un proceso de clasificación de las larvas obtenidas de los grupos de reproducción, mediante el uso de un seleccionador de tallas, el cual permite el paso de las larvas con longitud menor a 5 mm, con el fin de garantizar un grupo homogéneo tanto en tamaño como en edad de siembra, lo que garantiza que el proceso de reversión se desarrolle adecuadamente. (Figura 18.)

Figura 18 Siembra y clasificación de larvas en estanques de reversión.



4.9.2 Sistema de Incubación Artificial (S.I.A). En la Figura 19., se describe de manera detallada el flujo de procesos para la producción de alevinos mediante el Sistema de Incubación Artificial (S.I.A.).

Este sistema lo conformaban 5.600 hembras y 1.867 machos, para un total de 7.467 reproductores, no obstante el número de reproductores se redujo ya que se puso en marcha la selección y descarte de animales defectuosos descrita anteriormente. Los reproductores están distribuidos en 16 grupos, cada uno ubicado en una japa de reproducción de 90 m³, para realizar su manejo productivo. El laboratorio de incubación tiene una capacidad máxima de producción de 5.000.000 de larvas mensuales, y una producción, mensual de 3.250.000 alevinos con una supervivencia del 65%. (Figura 20.)

El proceso productivo del S.I.A., inicia con la conformación de grupos de reproducción, realizando la selección de los animales de acuerdo a las consideraciones reportadas por Smitherman et al.⁸⁴, las cuales se basan en características fenotípicas como coloración, forma del cuerpo, edad, peso, forma y tamaño de la vesícula urogenital.

⁸⁴ SMITHERMAN, R.; SIRAJ, S.; GALLUSER, S. & DUNHAM, R. Reproductive traits for three year classes of *Tilapia nilótica* and maternal effects on their progeny. en: L. Fishelson and Z. Yaron (Compilers), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 1983. pp. 218.

Figura 19 Descripción del proceso de producción de alevinos en sistema de incubación artificial.

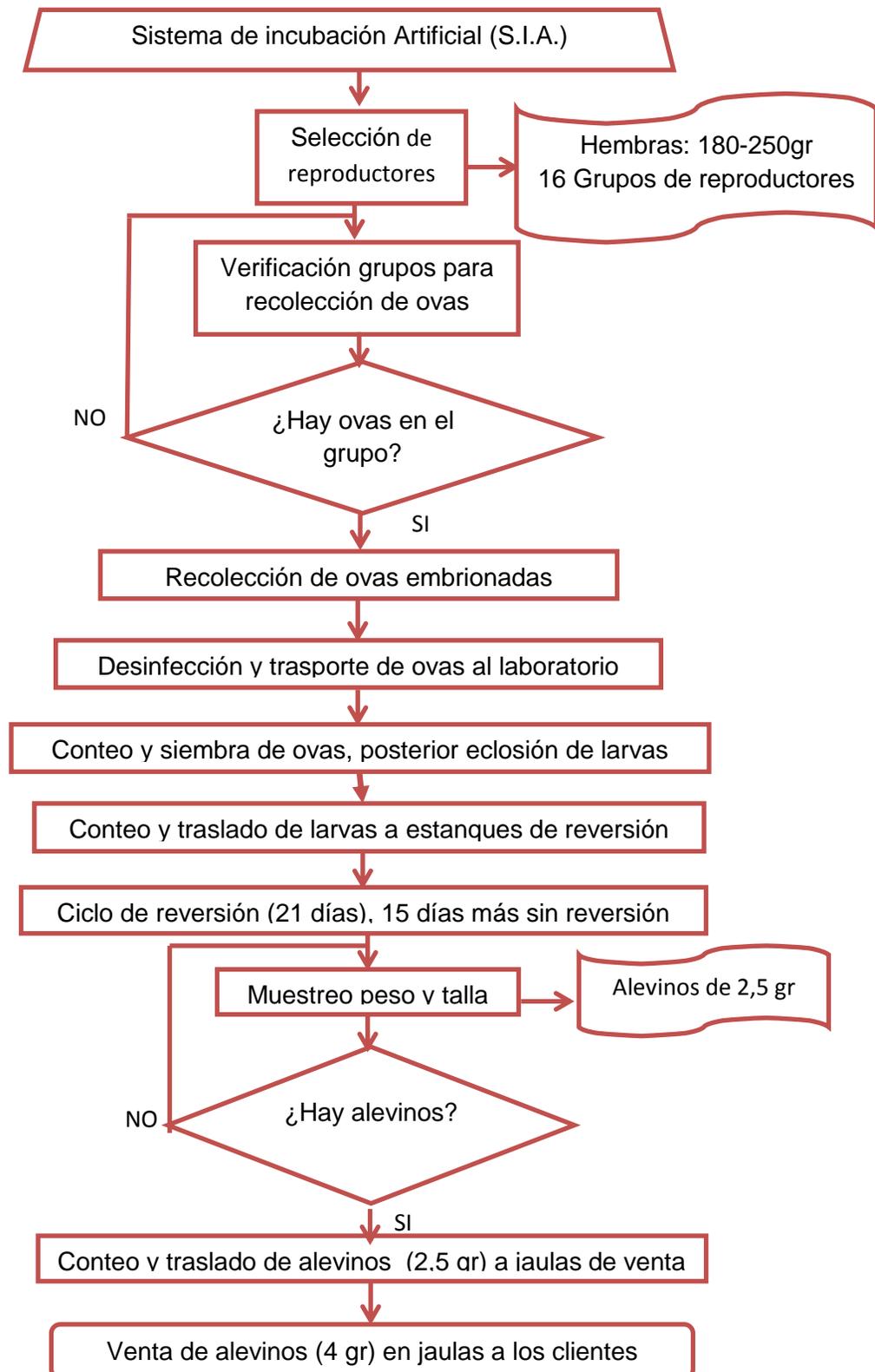


Figura 20 Capacidad instalada del laboratorio de recirculación, para incubación de ovas de tilapia.



Los animales seleccionados se disponen en las japas correspondientes, en una relación de 3 hembras por un macho.

Semanalmente se realiza la recolección de ovas embrionadas a las hembras de cada grupo y se trasladan al laboratorio, donde se realiza la desinfección de las estas ovas con peróxido de hidrogeno (0.5 ml/L) durante un minuto, posteriormente son contabilizadas mediante método volumétrico y son sembradas en las incubadoras Mac Donald, máximo 60.000 ovas por incubadora. Estas ovas eclosionan a los 4 días a una temperatura constante de 27°C, y salen a las bandejas de reabsorción, donde permanecen tres días más, para luego ser sembradas en los estanques de reversión de 825 m³ a razón de 110 larvas/m³.

Al cabo de 36 días, incluido el ciclo de reversión que comprende 21 días, los alevinos alcanzan un peso promedio de 2,5 gr, posteriormente son trasladados a las jaulas de venta para su comercialización.

4.9.3 Unidades de venta de alevinos. Los alevinos obtenidos de los sistemas de reproducción S.S.N. y S.I.A., se entregan para la venta con un peso promedio de cuatro gramos. Para su comercialización se disponen de 11 jaulas con un área de 90 m² y una profundidad promedio de 4 m. (Figura 21). Antes de la entrega, los animales son sometidos a un tratamiento profiláctico en solución de 5 ml/L de peróxido de hidrogeno, durante un periodo máximo de 3 min.

Figura 21 Jaulas rectangulares para venta de alevinos de venta.



5 ALCANCE DE METAS DE PRODUCCIÓN E INNOVACIÓN

Para la solución de las problemáticas identificadas según el análisis DOFA, se encontraron estrategias que permiten aumentar la producción de alevinos, llevando a cabo alternativas innovadoras tales como el ajuste y control de la calidad del agua mediante la adición de melaza y cal dolomita, que contribuyeron al bienestar de la empresa, por lo cual se pudieron establecer las siguientes metas.

- ✓ Diseñar un protocolo para a toma de muestras de agua.
- ✓ Realizar el análisis del agua siguiendo los protocolos del equipo YSI 9500 fotómetro, y su control innovador mediante la adición de insumos como la melaza y la cal dolomita.
- ✓ Diseñar un sistema de información con los datos de las mediciones semanales de parámetros físicos químicos como amonio, dureza cálcica, dureza magnésica, alcalinidad y pH con el fin de que sirvan de soporte para la toma de decisiones con criterio técnico.
- ✓ Diseñar un protocolo para el muestreo de los reproductores y ajuste de la tasa alimenticia.
- ✓ Realizar el manejo técnico de los grupos de reproductores, contribuyendo al incremento de la producción en alevinos de tilapia roja.
- ✓ Incrementar el 15% mensual, en la producción de alevinos de la empresa. (Tabla 6.)
- ✓ Incrementar la supervivencia en un 15% en estanques de producción de alevinos.

Tabla 6 Incremento esperado de las variables evaluadas.

Variable	S.S.N.		S.I.A.	
	Actual	Esperado (15%)	Actual	Esperado (15%)
Ovas/Hembra	-	-	1006	1156,9
Larvas/hembra	201	231,15	427	491,05
Alevinos/Hembra	68	78,2	156	179,4
Alevinos producidos	862.155	991.478	711.300	817.995
Supervivencia (%)	40	46	43	49

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para aumentar la producción mensual de alevinos, se realizaron actividades encaminadas al ajuste y control de la calidad del agua así como también al bienestar de los grupos de reproductores de los dos sistemas de reproducción, teniendo en cuenta que en cada ciclo reproductivo (siete semanas), se realizaron ajustes de tasa alimenticia, densidades, y descartes de reproductores en algunos casos. El comportamiento de los parámetros fisicoquímicos fue registrado en dos periodos; en el periodo A (enero-febrero) y en el periodo B (julio-agosto)

6.1 TRATAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA

En el tratamiento de la calidad del agua se realizaron acciones preventivas en cuanto al ajuste de los parámetros antes de que se encuentren por fuera del valor adecuado para el cultivo de tilapia roja, y correctivas en el caso de que los parámetros no se encuentren en un nivel ideal. Además se realizó la adición de insumos al agua para el ajuste de parámetros constituyendo una actividad innovadora. Esta situación condujo a una estabilidad los niveles de amonio, dureza, alcalinidad y pH, que contribuyó al aumento en la supervivencia de alevinos en estanques de reversión.

En la Tabla 7., se muestran los parámetros que se registrados de los estanques de producción de alevinos.

Tabla 7 Parámetros Fisicoquímicos de la calidad de agua en estanques producción de Alevinos.

Fecha	Dio	Mes	Año	Parámetros Fisicoquímicos de Calidad de Aguas Piscícola Fish Flow									
	3	MAYO	2014	Línea	Estanque	NH ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	Dureza Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	Dureza Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	pH
				L-1	P-1	0,11	0,12	37	13	25	8	105	7,8
				L-2	P-12	0,05	0,05	20	14	14	7	60	7
				L-3	P-36	0,04	0,46	32	10	25	9	140	7,5
				L-4	P-49	1	1	29	16	22	6	85	7,4
				L-5	P-68	0,04	0,05	29	12	26	8	79	7
				L-6	P-82	0,05	0,05	30	13	24	5	112	7,8
				L-7	P-103	<<	<<	25	10	19	8	64	7,2
				L-8	P-114	0,08	0,1	36	11	22	9	135	7,8

6.1.1 Amonio. En la Figura 22., se observa el comportamiento del amonio en dos periodos; en el periodo A (enero-febrero) correspondiente a la Tabla 8, no se

adicionó productos al agua, y en el periodo B (julio-agosto) fue incorporado el compuesto carbonatado en las semanas 3, 4 y 5 en las estanques de reversión para el control del amonio como se muestra en la Tabla 9.

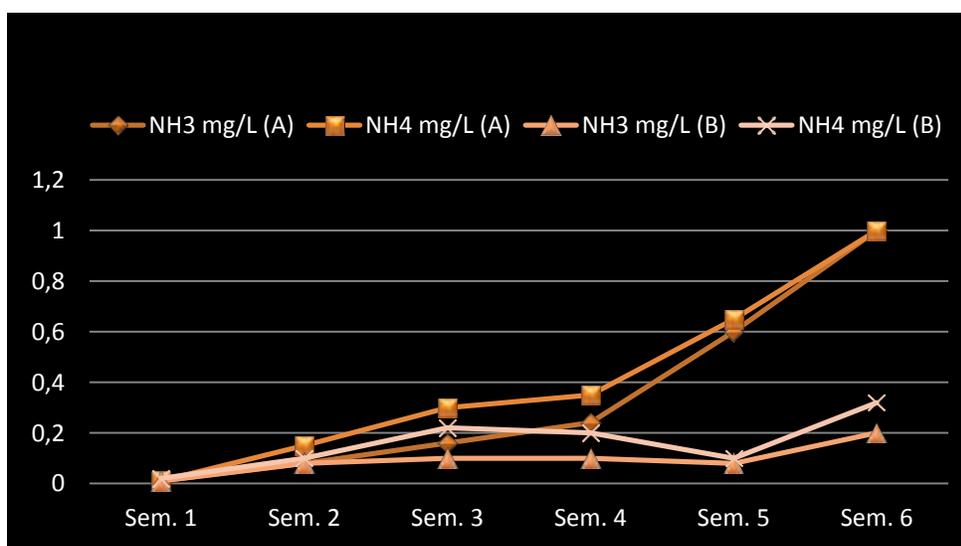
Tabla 8 Comportamiento del Amonio en Estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), enero-febrero (A).

		Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6
P-1	NH ₃ (mg/L)	0,01	0,08	0,16	0,24	0,6	1
	NH ₄ (mg/L)	0,01	0,15	0,3	0,35	0,65	1

Tabla 9 Comportamiento del Amonio en Estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), julio-agosto (B)

		Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6
P-1	NH ₃ (mg/L)	0,01	0,08	0,1	0,1	0,08	0,2
	NH ₄ (mg/L)	0,02	0,1	0,22	0,2	0,1	0,32

Figura 22 Comportamiento del Amonio en Estanques de Reversión (recambio semanal del 20%) en dos periodos A. y B



En la Figura anterior se puede observar que en el periodo B, el amonio se logró mantener dentro del rango adecuado para la especie (<0,5 mg/L), mientras que en el periodo A, el NH₄ alcanzó niveles de 1 mg/L en la semana 6.

6.1.1 Alcalinidad y Dureza. Para el control de la alcalinidad y la dureza se agregó Cal dolomita con un porcentaje de 30% en Calcio y 8% en Magnesio, con el fin de aumentar los niveles de estos parámetros en el agua y contribuir a la estabilidad del pH, además se incorporó al agua minerales esenciales como Ca y Mg que son vitales para procesos biológicos en los animales.

En las Tablas 10 y 11, se describe el comportamiento de estos parámetros en los periodos A y B respectivamente, siendo este último el que registra mejores parámetros de calidad de agua.

Tabla 10 Comportamiento de la Dureza, Alcalinidad y pH en estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), ciclo enero-febrero (A).

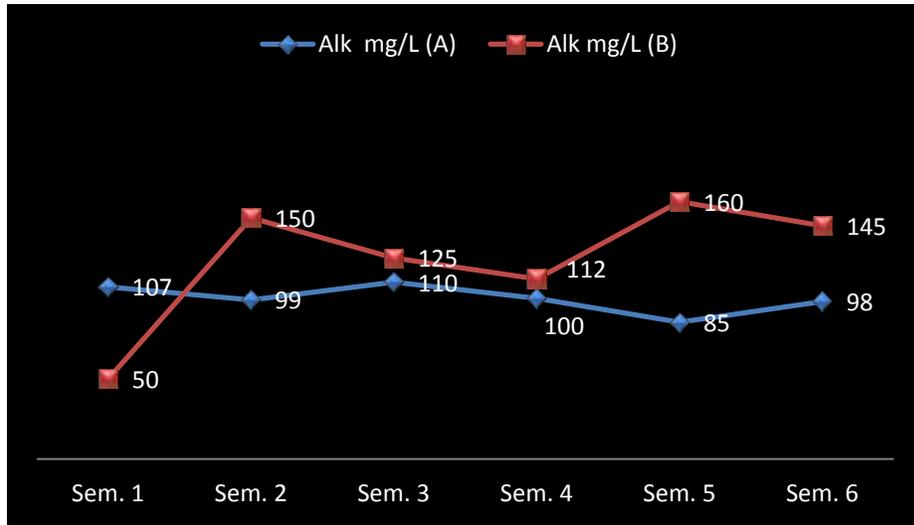
	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6
P-12 CaCO₃Ca (mg/L)	35	28	26	28	23	20
CaCO₃Mg (mg/L)	22	19	17	17	18	14
Alcalinidad (mg/L)	107	99	110	100	85	98
pH	7,7	7,8	7,8	7,5	7,5	7
Recambio	20%	20%	20%	20%	20%	20%

Tabla 11 Comportamiento de la Dureza, Alcalinidad y pH en estanques de Reversión (recambio semanal del 20%), ciclo julio-agosto (B).

	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	Sem. 4	Sem. 5	Sem. 6
P-12 CaCO₃Ca (mg/L)	20	35	36	38	33	30
CaCO₃Mg (mg/L)	14	18	17	15	19	16
Alcalinidad (mg/L)	50	150	125	112	160	145
pH	7	7,7	7,7	7,5	7,7	7,5
Recambio	20%	20%	20%	20%	20%	20%

En la semana 1 y 4 se realizó la adición de la cal dolomita en el periodo B, donde se registró un aumento de la alcalinidad con respecto al periodo A, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23 Comportamiento de la Alcalinidad mg/L en el periodo A (enero-febrero) y el periodo B (julio –agosto) con recambio semanal del 20%.



Los valores de dureza en calcio y dureza en magnesio en el periodo B también aumentaron indicando un incremento de minerales de Ca y Mg en el agua; estos valores se pueden observar en las Figuras 24 y 25.

Figura 24 Comportamiento de la Dureza en Ca en el periodo A (enero-febrero) y el periodo B (julio –agosto), con recambio semanal del 20%.

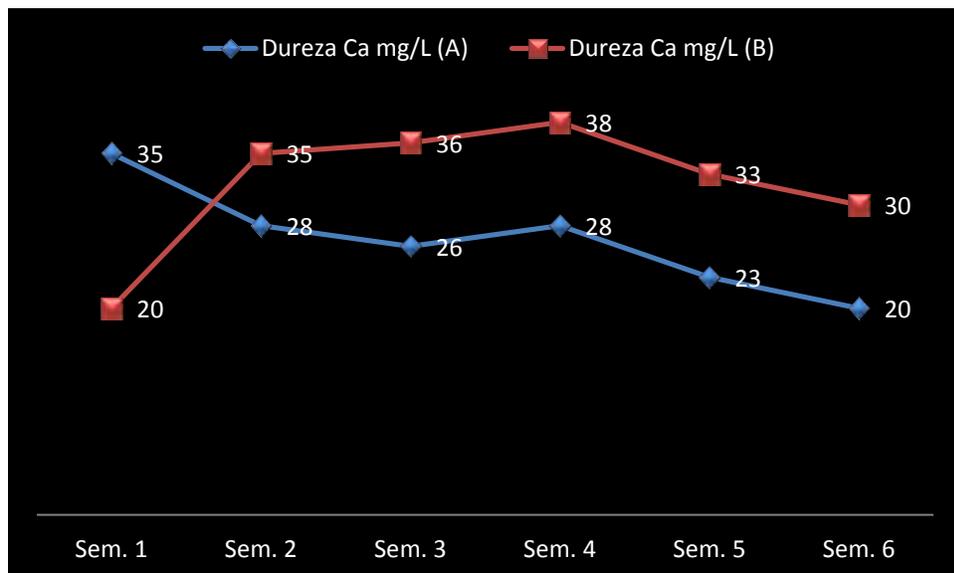
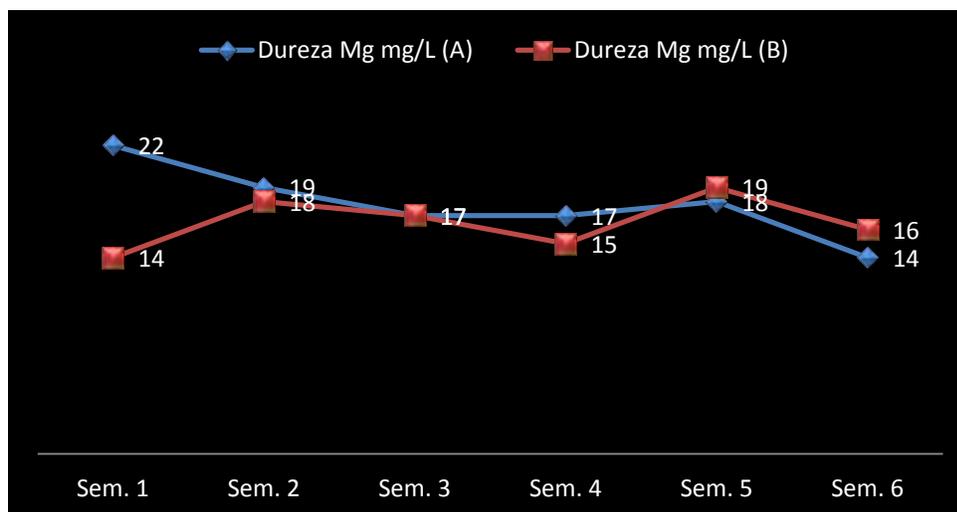


Figura 25 Comportamiento de la Dureza en Mg en el periodo A (Enero-Febrero) y el periodo B (Julio –Agosto) Con recambio semanal del 20%.



6.2 SISTEMAS DE REPRODUCCIÓN

Para el manejo adecuado de los sistemas de reproducción en la empresa, se realizaron acciones preventivas en cuanto a la selección y descarte de animales, acciones correctivas en cuanto a la programación de muestreos para el ajuste de tablas de alimentación al 1.5% de la biomasa en cada grupo de reproductores, y acciones de mejora en cuanto al incremento de la sobrevivencia y la producción de alevinos tanto en el S.S.N. y el S.I.A.

6.2.1 Sistema de reproducción seminatural (S.S.N). En el S.S.N., se descartaron 63 hembras defectuosas del grupo 13, y se realizaron diferentes movimientos de machos en los grupos, respetando su origen y línea genética para evitar problemas de consanguinidad, ajustando una relación de 3 hembras por cada macho. (Tabla 12.)

Las actividades realizadas a los reproductores de este sistema permiten obtener 230 larvas por hembra en el ciclo B (mayo-junio), en contraste con el ciclo A (marzo-abril), cuya producción fue de 201 larvas por hembra, como se muestra en las Tablas 13 y 14.

Se puede observar que se aumentó 29 larvas por hembra, representando el 14% más de lo producido en el ciclo anterior. Además el ajuste y control en la calidad del agua, permitió mejorar la supervivencia de los alevinos de este sistema en un 27%. Tablas 15 y 16

Tabla 12 Registro de reproductores, grupos Sistema de Reproducción Seminatural (S.S.N).

Registro de Hembras y Machos S.S.N.			
Grupo	N° Hembras	N° Machos	Total
1	632	211	843
2	520	173	693
3	582	194	776
4	505	168	673
5	669	223	892
6	573	191	764
7	579	193	772
8	882	294	1.176
9	530	177	707
10	662	221	883
11	1.067	356	1.423
12	827	276	1.103
13	1.096	365	1.461
14	633	211	844
15	626	209	835
16	797	266	1.063
17	682	227	909
18	672	224	896
Total	12.534	4.178	16.712

Tabla 13 Producción de alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis s.p.*), Sistema de reproducción Seminatural en ciclo A (marzo-abril).

Sistema Semi natural - sob 45% - Ciclo A				
Grupo	Hembras	Total larvas	Larvas por hembra	Alevinos por Hembra
1	632	124.491	197	89
2	520	96.824	186	84
3	582	60.458	104	47
4	505	115.312	228	103
5	669	129.157	193	87
6	573	102.762	179	81
7	579	76.034	131	59
8	882	257.579	292	131
9	530	105.438	199	90
10	662	147.917	223	100
11	1067	132.799	124	56
12	827	149.279	181	81
13	1159	138.435	119	54
14	633	171.214	270	122
15	626	170.547	272	122
16	797	180.425	226	102
17	682	198.503	291	131
18	672	176.494	263	118
TOTAL	12.597	2.533.668	204	92
	Larvas por hembra	201		

Tabla 14 Producción de alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis s.p.*), Sistema de reproducción Seminatural en ciclo B (Mayo-Junio).

Sistema Semi natural - sob 71% - Ciclo B				
Grupo	Hembras	Total larvas	Larvas por hembra	Alevinos por Hembra
1	632	188.913	299	155
2	520	145.486	280	145
3	582	190.456	327	170
4	505	141.726	281	146
5	669	185.805	278	144
6	573	109.705	191	100
7	579	151.344	261	136
8	882	196.811	223	116
9	530	148.103	279	145
10	662	136.495	206	107
11	1067	185.310	174	90
12	827	195.467	236	123
13	1096	163.932	150	78
14	633	100.620	159	83
15	626	87.732	140	73
16	797	199.086	250	130
17	682	175.888	258	134
18	672	181.541	270	140
TOTAL	12.534	2.884.420	237	123
	larvas por hembra	230		

Tabla 15 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis s.p.*), Sistema de reproducción Seminatural, mes de mayo 2014.

ESTANQUES LARVICULTURA (825 m ³)	LARVAS SEMBRADAS	FECHA TRASLADO A JAULA	JAULA PRE-CRÍA	ALEVINOS	SUPERVIVENCIA %
P-32	123.169			55.000	45
P-31	184.918	04-may-14	j-1	79.000	43
P-30	181.499			78.000	43
P-29	134.409			65.000	48
P-28	82.421			50.000	61
P-27	152.603	05-may-14	j-2	65.000	43
P-26	137.620			60.300	44
P-25	174.565			77.000	44
P-24	155.218			60.000	39
P-23	201.706	15-may-14	j-3	87.000	43
P-22	219.062			84.419	39
P-21	152.083			63.000	41
P-19	152.599			73.000	48
P-18	198.863	21-may-14	j-4	93.000	47
P-17	144.918			68.000	47
P-20	138.015	28-may-14	j-5	55.000	40
Total	2.533.668		Total	1.112.719	45
				% Sob. del mes	44

Tabla 16 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis s.p.*), Sistema de reproducción Seminatural, mes de agosto 2014.

ESTANQUES LARVICULTURA (825 m ³)	LARVAS SEMBRADAS	FECHA TRASLADO A JAULA	JAULA PRE-CRÍA	ALEVINOS	SUPERVIVENCIA %
P-36	175.060			73.899	42
P-35	97.330	01-ago-14	j-6	76.950	79
P-34	153.015			114.156	75
P-86	192.475	11-ago-14	j-1	170.000	88
P-32	233.727			150.151	64
P-31	132.930			114.057	86
P-30	172.755	12-ago-14	j-10	118.818	69
P-29	149.320			113.850	76
P-23	153.135	15-ago-14	L-6	140.000	91
P-98	194.076			107.568	55
P-97	171.282	19-ago-14	j-14	105.192	61
P-96	183.330			103.779	57
P-94	158.679	27-ago-14	j-9	139.968	88
P-93	132.000			108.540	82
Total	2.299.114		Total	1.636.928	71
			% Sob. Del mes		71

6.2.2 Sistema Incubación Artificial (S.I.A.). En el S.I.A., se descartaron hembras con malas características fenotípicas, como malformaciones de la boca y papila urogenital reducida, ya que estas condiciones disminuyen la posibilidad de una adecuada reproducción. En total se descartaron 512 hembras como también los machos correspondientes, asegurando una relación de 3 hembras por cada macho. Esta práctica redujo la densidad de siembra en cada grupo, logrando condiciones favorables para la reproducción. (Tabla 17.)

Tabla 17 Registro de reproductores, grupos Sistema Incubación Artificial (S.I.A)

Registro de Hembras y Machos S.I.A.			
Grupo	N° Hembras	N° Machos	Total
1	318	106	424
2	320	107	427
3	315	105	420
4	319	106	425
5	320	107	427
6	314	105	419
7	322	107	429
8	318	106	424
9	314	105	419
10	325	108	433
11	315	105	420
12	310	103	413
13	313	104	417
14	319	106	425
15	318	106	424
16	328	109	437
Total	5.088	1.696	6.784

Se realizó un diagnóstico sobre la producción de ovas por hembra en el ciclo A (enero-febrero) con el fin de obtener información sobre el estado productivo de los grupos de este sistema, y se determinó una baja producción como se observa en el Anexo J. Después de la intervención en cuanto al tratamiento en la calidad de agua, tasas de alimentación y descarte de animales defectuosos, se logró obtener un mejor desempeño de los grupos. (Anexo K y L).

En la Tabla 18, se observa un incremento del porcentaje promedio de hembras desovadas pasando del 61% en el ciclo A, al 84% en el ciclo B y al 93% de hembras desovadas en el ciclo C respectivamente. Esta es una situación ventajosa para el aumento de la producción de semilla, dado que en un grupo de reproductores todas las hembras deben estar produciendo ovas en cada ciclo de reproducción.

Tabla 18 Promedio de hembras desovadas y producción de ovas por ciclo en el sistema de Incubación Artificial (S.I.A.).

Ciclo	Total ovas / grupos	Hembras Desovadas	Ovas/ Hembra	Peso promedio Hembra (Kg)	Ovas / Kg	% Promedio Hembras desovadas
enero – febrero	3.415.000	3.395	1.006	0,290	3.471	61
marzo - abril	5.290.000	4.834	1.094	0,291	4.012	84
mayo - junio	6.135.000	4.928	1.245	0,294	4.460	93

En la tabla anterior se puede observar el incremento en la producción de ovas por hembra desovada, de 1.006 ovas por hembra en el ciclo A, a 1.245 ovas por hembra en el ciclo C.

Por otra parte la supervivencia de las larvas en el laboratorio fue en promedio del 65%, debido a que el sistema de calefacción del agua no fue eficiente. Este sistema está conformado por dos resistencias eléctricas ubicadas en el tanque elevado, y que a causa de la salinidad en el agua (7ppt) se oxidan rápidamente ocasionando cortes en el flujo de corriente dejando obsoleto el sistema cuando se requiere aumentar la temperatura.

Como se muestra en Anexo M., la temperatura promedio del agua fue de 23°C, en la mañana y fue de 26 °C en la tarde lo que afecta el bienestar del sistema de incubación generando condiciones favorables para algunos paracitos externos que causan mortalidades.

A pesar de la baja supervivencia de larvas en el laboratorio, se pudo determinar que la cantidad sembrada por mes aumentó considerablemente, teniendo en cuenta el periodo A (diciembre, enero, febrero, marzo) con respecto al periodo B (abril, mayo, junio, julio) en el cual se llevó a cabo las actividades de mejora para la producción de alevinos.

En la Tabla 19 se puede observar que en el periodo A, el promedio de siembra fue de 1.299.730 larvas por mes; en contraste, en el periodo B se sembró un promedio 2.241.500 larvas por mes, esto indica un aumento en el promedio de siembra de 941.770 larvas cada mes, lo que representa un incremento del 72%.

Adicionalmente la supervivencia de alevinos en estanques de reversión aumentó en un 10%, siendo 622.416 alevinos más por mes en el periodo B, debido al tratamiento de la calidad del agua.

Tabla 19. Siembra de larvas y supervivencia alevinos laboratorio periodo A y Periodo B respectivamente.

Periodo A				V.S.	Periodo B			
mes / siembra	siembra	cosecha	%Sob. Reversión		mes / siembra	siembra	cosecha	%Sob. Reversión
Diciembre	1.254.300	507.235	40		Abril	2.000.000	1.055.000	53
Enero	1.289.620	460.000	36		Mayo	2.052.000	1.066.000	52
Febrero	855.000	383.000	45		Junio	2.664.000	1.326.900	50
Marzo	1.800.000	854.000	47		Julio	2.250.000	1.246.000	55
Total	5.198.920	2.204.235	42		Total	8.966.000	4.693.900	52
Prom.	1.299.730	551.059	42		Prom.	2.241.500	1.173.475	52

En las Tablas 20 y 21 se puede observar la supervivencia de los alevinos de estanques de reversión, en el mes de mayo y en el mes de agosto; en este último se completaron las actividades destinadas a la mejora productiva de la empresa.

En agosto el porcentaje de supervivencia fue mayor solo en un 3%, sin embargo las larvas sembradas fueron 864.000 más que en el mes de mayo, y se cosechó 462.900 alevinos más, representando un 54% adicional en la producción de alevinos de este mes.

Tabla 20 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis s.p.*), Sistema de Incubación Artificial, mes de mayo 2014.

ESTANQUES LARVICULTURA (825 m ³)	LARVAS SEMBRADAS	FECHA TRASLADO A JAULA	JAULA PRE-CRÍA	ALEVINOS	SUPERVIVENCIA %	ESTANQUES LARVICULTURA (825 m ³)
P-1	2,3 mar 14	254.088			95.000	37
P-12	4 mar 14	284.617	09-may-14	j-7	163.000	57
P-43	5, 6 mar 14	207.766			98.000	47
P-44	6,7 mar 14	195.720	13-may-14	j-10	85.000	43
P-45	10,11 mar	183.548			70.000	38
P-46	12 mar 14	106.102	16-may-14	j-8	45.000	42
P-45	13, mar 14	153.483			67.000	44
P-44	17, mar 14	181.180			70.000	39
P-43	20, mar 14	117.222	29-may-14	j-9	87.000	74
P-55	24, mar 14	116.274			74.000	64
Total		1.800.000		Total	854.000	49
					% Sob. Del mes	47

Tabla 21 Supervivencia de alevinos de Tilapia Roja (*Oreochromis s.p.*), Sistema de Incubación Artificial, mes de agosto 2014.

ESTANQUES LARVICULTURA (825 m ³)	LARVAS SEMBRADAS	FECHA TRASLADO A JAULA	JAULA PRE-CRÍA	ALEVINOS	SUPERVIVENCIA %	ESTANQUES LARVICULTURA (825 m ³)
P-36	1,2 jun 14	170.000			85.000	50
P-35	3 jun 14	150.400	02-ago-14	j-2	80.700	54
P-34	3,4 jun 14	178.000			98.000	55
P-86	5,6 jun 14	150.000			75.000	50
P-32	9,10 jun14	166.669	10-ago-14	j-11	85.000	51
P-31	11, jun 14	141.000			72.300	51
P-30	12, jun 14	170.000			84.000	49
P-29	16, jun 14	180.000	17-ago-14	j-8	90.000	50
P-23	18, jun 14	196.000			86.000	44
P-98	20, jun 14	168.000			83.000	49
P-97	22 jun 14	159.000	24-ago-14	j-3	84.700	53
P-92	23, jun 14	180.900			93.000	51
P-91	25 jun 14	187.000			93.200	50
P-89	26, jun 14	183.548	24-ago-14	j-10	90.000	49
P-88	30 jun 14	153.483			67.000	44
P-87	29 jun 14	130.000			60.000	46
Total		2.664.000		Total	1.326.900	50
					% Sob. Del mes	50

La supervivencia de alevinos en las jaulas de pre-cría es de 85%, no se registra una diferencia en los dos sistemas, dado que en las jaulas no se realizó ningún tratamiento. Tablas 22 y 23.

Tabla 22 Supervivencia de alevinos provenientes del S.S.N. en jaulas de venta mes de mayo.

Jaula	Siembra	Cosecha	% Sob.
j-1	277.000	240.300	87
j-2	252.300	210.800	84
j-3	294.419	248.455	84
j-4	234.000	189.000	81
j-5	55.000	47.200	86
Total	1.112.719	935.755	84

Tabla 23 Supervivencia de alevinos provenientes del S.I.A. en jaulas de venta mes de agosto.

Jaula	Siembra	Cosecha	% Sob.
j-2	263.700	219.000	83,0
j-11	232.300	202.000	87,0
j-8	260.000	200.000	76,9
j-3	260.700	230.000	88,2
j-10	310.200	290.000	93,5
Total	1.326.900	1.141.000	86,0

Por lo anteriormente expuesto, en las Tablas 24 y 25 se puede observar en detalle la evolución de ambos sistemas en cuanto a la efectividad de las hembras que constituyen la población total de los grupos de reproductores.

Tabla 24 Efectividad de las hembras del S.S.N.

Total Hembras	Ciclo	Total Larvas - Ciclo	Larvas por Hembra	% Superviv. Alevinos-Estanques	Alevinos por Hembra	Alevinos/Hembra Efectivos-Jaulas
12.597	Mar - Abr	2.533.668	201	40%	80	68
12.534	May - Jun	2.884.420	230	71%	164	138

Tabla 25 Efectividad de las hembras del S.I.A.

Total Hembras	Ciclo	Total Ovas - Ciclo	Ovas por Hembra	% Sob. Larvas Lab.	Larvas por Hembra	% Superv. Alevinos-Estanques	Alevinos por Hembra	Alevinos./Hembra Efectivos- Jaulas
5.600	Ene - Feb	3.415.000	1.006	70%	704	43%	303	257
5.088	Mar - Abr	5.290.000	1.094	72%	788	47%	370	315
5.088	May - Jun	6.135.000	1.245	65%	809	50%	405	344

6.2.3 Incremento de la Producción de Alevinos. Las diferentes actividades encaminadas a la mejora de la producción de alevinos permitieron el incremento de la producción total de alevinos por mes en la empresa, si se toma en cuenta los meses de mayo y agosto se observa una diferencia del 53%, lo cual representa 830.000 alevinos adicionales a lo que se estaba produciendo. (Tablas 26 y 27.)

Tabla 26 Producción de alevinos en la piscícola Fish Flow, mes de Mayo y mes de Agosto.

PRODUCCIÓN ALEVINOS PISCÍCOLA			
	S.S.N.	S.I.A.	Total
MAYO	862.155	711.300	1.573.455
AGOSTO	1.262.458	1.141.000	2.403.458

Tabla 27 Incremento efectivo de la producción de alevinos de la empresa Fish Flow Ltda.

Meta		Incremento efectivo	
Alevinos	Porcentaje	Alevinos	Porcentaje
236.018	15%	830.003	53%

7 CONCLUSIONES

El ajuste de la calidad del agua en la Empresa Piscícola Fish Flow contribuyó de manera directa al incremento de la producción de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), en un 53%, dado que las estrategias innovadoras empleadas para el control de parámetros de vital importancia para el cultivo de peces, tales como amonio (< 0.05), dureza cálcica, dureza magnésica, alcalinidad (>150) y pH, permiten la reducción del estrés ambiental generando condiciones idóneas para el éxito en la explotación acuícola.

Se pudo obtener un sistema de información con los datos de las mediciones semanales de parámetros físico químicos como amonio, dureza cálcica, dureza magnésica, alcalinidad y pH, que sirven de soporte para la toma de decisiones con criterio científico para el ajuste y control de estos parámetros.

Se pudo establecer un manejo adecuado de los grupos de reproductores correspondientes al sistema de reproducción seminatural y el sistema de incubación artificial, realizando muestreos de la biomasa de los grupos en cada ciclo productivo y cada mes respectivamente, con el fin de ajustar la tasa de alimentación al 1,5% de la biomasa, lo que asegura una adecuada nutrición de los animales, y contribuye a una producción constante de semilla.

En el manejo de reproductores de los dos sistemas de producción de larvas se realizaron diferentes actividades como selección de ejemplares, control de relación macho-hembra, ajustando cada grupo en una relación ideal de 3 hembras por 1 macho, descansos programados para los animales del sistema de incubación artificial, actividades que influyeron directamente con el incremento de la fecundidad de las hembras en ambos sistemas con 230 larvas por hembra en el sistema seminatural y 809 larvas por hembra en el sistema de incubación artificial, lo que hace más eficientes las hembras de ambos sistemas aumentando las siembras de larvas mensuales.

En el sistema de incubación artificial se logró trabajar con el 97% de las hembras, esta es una situación ventajosa para el aumento de la producción de semilla, dado que en un grupo de reproductores todas las hembras deben producir ovas en cada ciclo reproductivo.

Se aumentó la producción mensual de alevinos de la piscícola en un 53%, con 830.000 alevinos más en el mes de Agosto, los cuales generaron nuevas ganancias y nuevos clientes para la estación piscícola.

El trabajo realizado en esta pasantía empresarial aumentó la fecundidad de las hembras de los dos sistemas con 138 alevinos efectivos por hembra en el sistema

de reproducción seminatural y 344 alevinos efectivos por hembra en el sistema de incubación artificial.

La supervivencia de los alevinos en estanques de reversión aumentó en los dos sistemas, sin embargo en el sistema seminatural se observó un incremento del 26% obteniendo sobrevivencias del 71%, y en el sistema de incubación artificial un incremento del 10%, con sobrevivencias del 52% por estanque, esta diferencia pudo ser ocasionada debido a que las larvas sembradas en el primer sistema son más grandes en comparación con las larvas del laboratorio, razón por la cual resisten mejor a los cambios ambientales que no se pudieron controlar como variaciones de temperatura.

8 RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones más puntuales en cuanto a la evolución de la calidad del agua, y su efecto en organismos de cultivo, buscando enriquecer el conocimiento técnico y científico para la optimización de producciones acuícolas.

De manera específica, realizar ensayos con componentes más directos de Ca y Mg en el agua, dado que la adición de carbonatos está sujeta al aumento del valor de pH, lo que puede causar inconvenientes con otros parámetros como la toxicidad del amonio no ionizado.

9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP). La Pesca y la Acuicultura en Colombia. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Bogotá, 2014.

BENAVIDES, Luis & LÓPEZ, Wilmer. Evaluación del efecto del biofloc en la producción de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en condiciones de laboratorio. Pasto, Colombia. Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2012.

BERNABE, Gilbert. Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura, Zaragoza, España: Acribia, 1996.

BOTERO, A. J. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia AUNAP – FAO., 2013.

BRACAMONTE, J. Tipos de cal y por qué debes aplicar cal a los suelos agrícolas. Venezuela, 2009. [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL: <http://www.infojardin.com/foro/showthread.php?t=176416>

CAL EN TERRENOS DOLOMITICOS. pp.11 [Sistema de Información]. Disponible en internet, URL:http://anfocal.org/media/Biblioteca_Digital/Alimentos/CAL_DOLOMITICA_EN_LA_INDUSTRIA_AZUCARERA.pdf

CÁMARA Y COMERCIO DE NEIVA, Matricula N° 00150620, 28 de julio del año 2005, y renovación el 28 de marzo del 2014.

CANTOR, Fernando. Manual de Producción de Tilapia, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, México, 2007.

CASTILLO, A. Tilapia roja 2000 una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito once años después. Ensayo. Colombia, 2000.

CASTILLO, F., La historia genética e hibridación de la tilapia roja; Santander de Quilichao, Colombia, 1994.

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

CORAL, Iván. Reproducción y comercialización de tilapia roja *Oreochromis* sp. San Juan de Pasto, Colombia. Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. 2005.

DAZA, Victoria; LANDINES, Miguel y SANABRIA, Ana. Reproducción de peces en el trópico. Bogotá, Colombia: INPA, 2001.

EGNA, H & BOYD, C. Dinámica de los estanques en acuicultura. 1997. [Sistema de información] Disponible en internet, URL: http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/05-acuicultura_sagpya.

ESPEJO, Carlos y TORRES, Enrique. Fundamentos de Acuicultura Continental. Bogotá, Colombia: INPA, 2001.

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

DAZA, Victoria; LANDINES, Miguel y SANABRIA, Ana. Reproducción de peces en el trópico. Bogotá, Colombia: INPA, 2001.

FAJARDO Erika y SARMIENTO Sandra. Evaluación de la melaza de caña de azúcar como sustrato para la producción de *Saccharomyces cerevisiae*. Trabajo de grado. Microbiología industrial. Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana., Facultad de ciencias. 2007.

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA AGROPECUARIA (FIAGRO). Manual de Crianza de Tilapia. El Salvador, FIAGRO. 2006: Disponible en internet, URL:www.fiagro.org/sv/archivos/0/356.doc

Gobernación del Huila, Represa de Betania. Disponible en dirección electrónica: http://turismo.huila.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=37956:represa-de-betania&catid=3:cul-contenido&Itemid.

GUERRERO, R. El uso de andrógenos sintéticos para la producción de monosexo machos de tilapia aurea (*Steindachner*). Ph. D. Disertación, Auburn, University, Auburn, Alabama, 1986.

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

HEPHER y PRUGININ., Cultivo de peces comerciales. Zaragoza, España: Limusa, 1987.

INFORME DE LA CADENA PISCÍCOLA. Departamento del Huila. [en línea]. Disponible en internet, URL: <http://www.huila.gov.co/documentos/I/INFORMECADENAPISCICOLAHUILA.pdf>

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

JOSUPEIT, H. El mercado mundial para la Tilapia. Infopesca Internacional. Montevideo, Uruguay, 2005.

LADINO, G y RODRÍGUEZ, J. Efecto de *Lactobacillus casei*, *saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes) y melaza en la ganancia de peso de tilapia (*Oreochromis sp.*) en condiciones de laboratorio. [en línea], Orinoquia. Meta, Colombia., Vol. 13., pp. 33. Disponible en internet: <http://redalyc.uaemex.mx//scr/inico/ArtPdfRed.jsp?;Cve=89612776006>.

LIM, C. & WEBSTER, C. Tilapia, Biology, culture and nutrition. New Cork, Unites States: Food Products Press, 2006.

LITTLE, D.C.; Macintosh, D.J. y Edwards, P. 1993. Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). [En línea] Aquaculture and Fisheries Management 24:399-405.

OCAMPO, F. Cultivo de tilapia, una alternativa de desarrollo socio-económico, Director Nacional Acuicultura, Neiva, CONTEGRAL S.A. 2007.

OFICINA DE TRASFERENCIA DE RESULTADOS E INVESTIGACIÓN, RESUMEN DEL MANUAL DE OSLO SOBRE INNOVACIÓN, Concepto de innovación.

RAMÍREZ, Reinaldo. Sistemas de producción de alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis sp.*): Conferencia 12. En: Seminario internacional de acuicultura (5°: 2005: Santa Fe de Bogotá). Memorias del V Seminario internacional de acuicultura. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional, 2005.

RODRÍGUEZ, J. Huila Líder en Producción de Tilapia. Equipo de Agroindustria CEFA. SENA, Regional Huila. 2008. [en línea]. Disponible en internet, URL: <http://tilapiahuila.blogspot.com/2008/09/huila-lder-en-produccion-de-tilapia.html>

SALAMA, M. Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Alevines. [En línea]. Aquaculture Research. 1996.

SANICO, A. Efecto de 17 etiltestosterona y estrógeno en sexo de tilapia aurea (Steindachner). M.S. Tesis Auburn University, Auburn, Alabama. 1975.

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

SOLARTE, G. Ana. Evaluación de diferentes densidades en incubación de huevos de Tilapia Roja (*Oreochromis sp*), mediante un sistema de recirculación artificial, en la estación piscícola Alto Magdalena, Gigante, Huila, Colombia., Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2008.

SURESH, Azul. Recent advances in tilapia broodstock management. Saint Louis: Acuicultura proceedings, 1999., pp.3.[en línea] disponible en : <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=87>

TIMMONS, M. B. et al. Traducido por PARADA, G HEIVA,M. Sistemas de recirculación para la acuicultura, Santiago , Chile. Fundación Chile. 2002.

VELÁSQUEZ D & HUACAS A. Efecto del Biofloc y una dieta comercial del 35% de proteína sobre el crecimiento de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) en condiciones de laboratorio. Tesis de grado en Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto: Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias, 2013.

WATANABE, W.; SMITH, S.; WICKLUND, R. & OLLA, B. Hatchery production of Tilapia roja de Florida seed in brackishwater Tanques under natural-mouthbrooding and clutch-removal methods. Aquaculture, 1992.

WATANABE, W.O. y Kuo, C.M. 1992. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. En revista Aquatic. N° 49: pp. (2001). [En línea] disponible en: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=87>].

WEE, K. & TUAN, N. 1988. Effects of dietary protein level on growth and reproduction in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: R.S.V. Pullin; T. Bhukaswan; K. Tonguthai and J.L. Maclean (Editors). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas.1988

WOYNAROVICH, E. & HORVÁTH, L. Propagación artificial de peces de aguas templadas. Brasil: FAO, Junio 1981. Disponible en Internet: URL: <http://www.fao.org/DOCREP/005/AC908S/AC908S00.HTM>.

ZIMMERMAN, S. Incubación artificial. Técnica que permite la producción de tilapias del Nilo genéticamente superiores. Panorama de acuicultura. 1999.

ANEXOS

Anexo A Matriz de estrategias DOFA, empleada para lograr los objetivos trazados.

	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <p>Posee 80 estanques para la producción de alevinos de tilapia roja.</p> <p>Posee 12.600 hembras en S.S.N y 5.600 hembras en S.I.A., suficientes para una producción de alevinos estable.</p> <p>Disposición de materiales y equipos para la producción adecuada de alevinos.</p>	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <p>Falta de protocolos para mantener los parámetros de la calidad del agua dentro de los niveles óptimos.</p> <p>Falta de un sistema de información para apoyo de toma de decisiones técnicas.</p> <p>Falta de programación de descanso fisiológico de los reproductores del S.I.A.</p> <p>Falta de uniformidad en la producción de semilla en los grupos de reproductores.</p> <p>Bajas sobrevivencias en los procesos de larvicultura y alevinaje.</p>
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <p>Elevada demanda de alevinos en el mercado regional, nacional e internacional.</p> <p>Disponibilidad de instalaciones subutilizadas debido a la baja eficiencia reproductiva y baja sobrevivencia.</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS (F-O)</p> <p>Aprovechamiento eficiente de los reproductores, de sus sistemas de reproducción, instalaciones, materiales y equipos para el incremento de la oferta de alevinos local, nacional e internacionalmente.</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS (D-O)</p> <p>Diseño de protocolos para manejo y control eficiente de la calidad del agua y de reproductores lo que contribuirá a una buena producción de alevinos, para ampliar la cobertura de la empresa hacia otros mercados.</p>
<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <p>Competencia de otras empresas productoras de alevinos.</p> <p>Posibilidades de pérdida de mercado debido a la deficiencia en la oferta oportuna de alevinos.</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS (F-A)</p> <p>Disponer de la infraestructura, materiales, equipos y personal capacitado que permitirá incrementar la producción.</p> <p>Obtener alevinos de buena calidad genera confianza y aceptabilidad el mercado.</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS (D-A)</p> <p>La aplicación de adecuadas técnicas para la producción de alevinos permitirá incrementar la oferta de alevinos y satisfacer la demanda de semilla manteniendo una venta estable.</p>

Anexo C Protocolo para el análisis de calidad del agua.

PROTOCOLO PARA TOMA DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA, PISCÍCOLA FISH FLOW Ltda.

- a. Toma de muestras de agua.** Las muestras fueron recolectadas de los estanques de cada línea de reversión, con el fin de tomar una cantidad de agua representativa de la producción de alevinos. Para ello se utilizaron botellas plásticas con tapa de rosca con capacidad de 240 ml, las cuales fueron debidamente esterilizadas y rotuladas con la información pertinente: estanque, lugar, hora de muestreo, fecha y responsable.
- b. Frecuencia del muestreo.** La actividad se realizó cada ocho días, todos los sábados en horas de la mañana. (Figura 26.)

Figura 26. Toma de muestras y determinación de parámetros fisicoquímicos de calidad del agua.



- c. Análisis de la muestra.** La muestra se trasladó al laboratorio de incubación de ovas de tilapia roja de la estación piscícola Fish Flow, donde los parámetros fueron medidos con ayuda de un equipo YSI fotómetro 9.500 (Figura 27.), siguiendo los protocolos para su adecuado análisis.

Continuación del Anexo C

Figura 27. Equipo YSI 5500 espectrofotómetro.

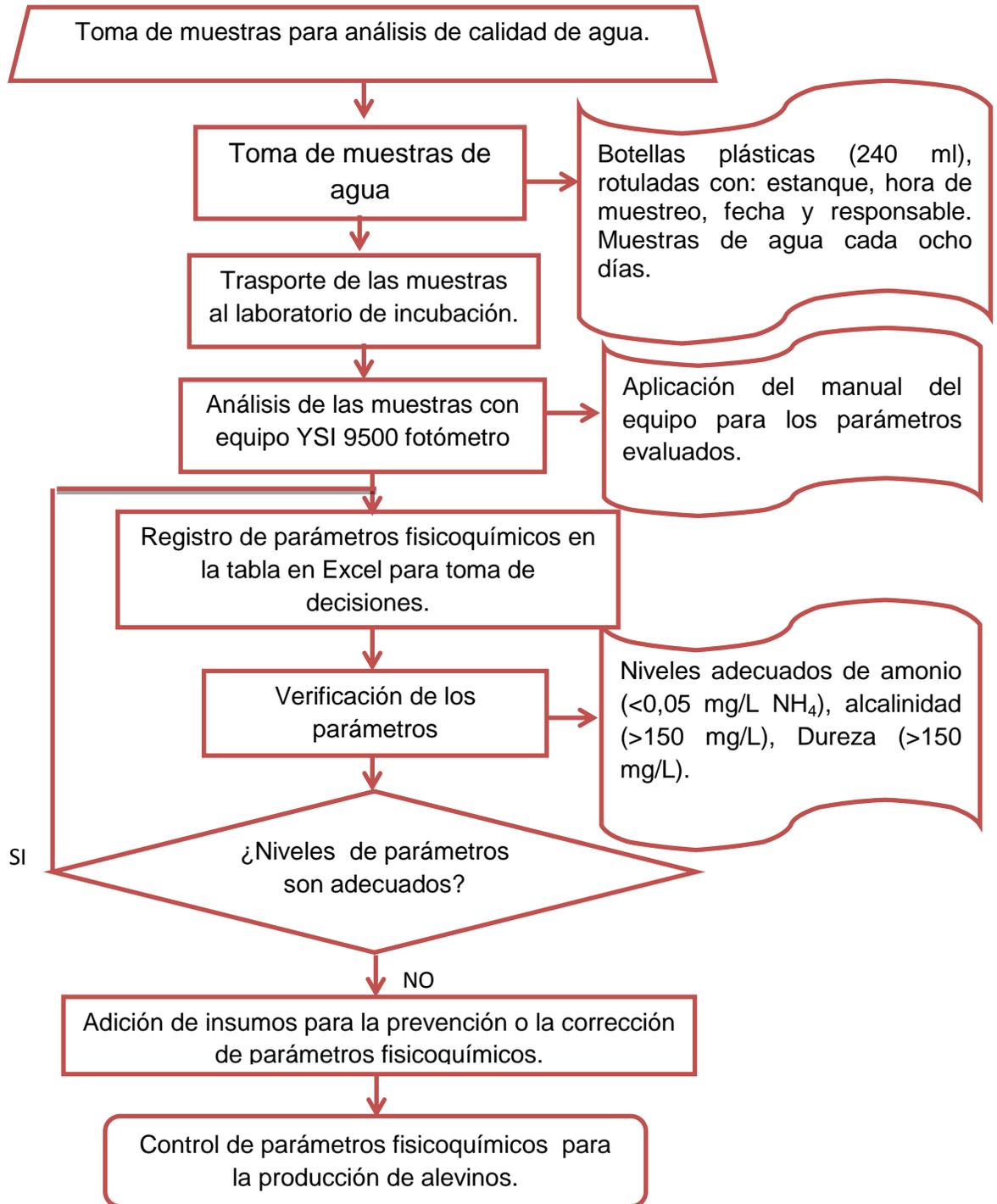


Con cada muestra recolectada se determinaron los niveles de parámetros fisicoquímicos de vital importancia para la acuicultura como amonios (NH_3 , NH_4), dureza en calcio, dureza en magnesio, alcalinidad, pH y minerales como Ca y Mg, y se registraron en la tabla en Excel, diseñada para su posterior análisis e interpretación.

d. Adición de insumos al agua. De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos se procedió a adicionar los insumos requeridos para mantener una óptima calidad del agua, como melaza y Cal Dolomita según corresponda.

Continuación Anexo C.

Figura 28. Flujograma del protocolo de toma de muestras para análisis de calidad de agua.



Continuación Anexo C.



YSIP 2

ALKALINITY (ALKAPHOT)

**TEST FOR TOTAL ALKALINITY IN
NATURAL AND TREATED WATERS**

Photometer Method
570 nm
0 - 500 mg/l CaCO₃

Natural and treated waters may contain a variety of dissolved alkaline substances such as carbonates, bicarbonates, hydroxides and to a lesser extent, borates, phosphates, and silicates. In water at neutral pH, the alkalinity derives mainly from the presence of bicarbonates.

Total alkalinity is an important test in determining the aggressiveness or scale forming tendency of the water. If the total alkalinity is low, the water may be aggressive and cause corrosion to pipework and structures; if the total alkalinity is high, the water more readily promotes scale formation. Alkalinity control is therefore an important part of many water treatment programs.

The Alkaphot test uses a colorimetric method and covers the total alkalinity range 0 - 500 mg/l CaCO₃. The test is particularly suitable for checking natural and drinking waters, swimming pool water, boiler water, etc.

Method

The Alkaphot test is based on a unique colorimetric method and uses a single tablet reagent. The test is simply carried out by adding a tablet to a sample of the water. Under the conditions of the test, a distinctive range of colors from yellow, through green, to blue are produced over the alkalinity range 0 - 500 mg/l CaCO₃. The color produced in the test is indicative of the alkalinity of the water and is measured using a Photometer.

Reagents and Equipment

Alkaphot Tablets
Photometer
Round Test Tubes, 10 ml glass (YPT515)

Test Calibration

Transmittance-display photometer - use calibration chart
Direct-reading photometer - select program Phot 2

Continuación Anexo C.

Palintest®

PHOT.12.AUTO

TEST INSTRUCTIONS

CALCIUM HARDNESS (CALCICOL)

Photometer Method

**TEST FOR CALCIUM HARDNESS IN
NATURAL AND TREATED WATERS**

**AUTOMATIC
WAVELENGTH
SELECTION**

0 – 500 mg/l CaCO₃

Calcium hardness is caused by the presence of calcium ions in the water. Calcium salts can be readily precipitated from water and high levels of calcium hardness tend to promote scale formation in water systems. Calcium hardness is an important control test in industrial water systems such as boilers and steam raising plant, and for swimming pool waters.

The Palintest Calcicol test provides a simple method of determining calcium hardness over the range 0 - 500 mg/l CaCO₃.

Method

The Palintest Calcium Hardness test is based on the Calcicol Indicator reagent method. Calcium ions react specifically with Calcicol Indicator in alkaline solution to give an orange coloration. The reagent itself gives a violet colour in solution. Thus at different calcium levels a distinctive range of colours from violet to orange is produced.

The reagents for the method are provided in the form of two tablets. The test is carried out simply by adding one of each tablet to a sample of the water. The colour produced is indicative of the calcium hardness and is measured using a Palintest Photometer.

Reagents and Equipment

Palintest Calcicol No 1 Tablets

Palintest Calcicol No 2 Tablets

Palintest Automatic Wavelength Selection Photometer

Round Test Tubes, 10 ml glass (PT 595)

Continuación Anexo C.



YSIP 4

AMMONIA

TEST FOR AMMONIA IN NATURAL DRINKING AND WASTE WATER

Photometer Method
640 nm
0 - 1.0 mg/l N

In natural waters, ammonia occurs as a breakdown product of nitrogenous material. It is also found in domestic effluents and certain industrial waste waters. Ammonia is harmful to fish and other forms of aquatic life, therefore, ammonia levels must be carefully controlled in water used for fish farms and aquariums. Pollution control programs routinely apply ammonia tests to monitor drinking water supplies, effluents and waste waters.

The Ammonia test provides a simple method of measuring ammonia (ammoniacal nitrogen) over the range 0 - 1.0 mg/l N.

Method

The ammonia test is based on an indophenol method. In the presence of chlorine, ammonia reacts with alkaline salicylate to form a green-blue indophenol complex. Incorporated catalysts ensure complete and rapid color development. The reagents are provided as two tablets for maximum convenience. To perform the test, simply add one of each reagent tablet to a sample of the water.

The intensity of the color produced is proportional to the ammonia concentration, and is measured using a Photometer.

Reagents and Equipment

Ammonia No. 1 Tablets
Ammonia No. 2 Tablets
Photometer
Round Test Tubes, 10 ml glass (YPT515)

Test Calibration

Transmittance-display photometer - use calibration chart
Direct-reading photometer - select program Phot 4 Ammonia Nitrogen (N)
or Phot 62 Ammonium (NH₄)

Continuación Anexo C.

Palintest®
TEST INSTRUCTIONS

PHOT.27.AUTO

pH (PHENOL RED)

**TEST FOR pH VALUE OF WATER
AND AQUEOUS SOLUTIONS**

Photometer Method

**AUTOMATIC
WAVELENGTH
SELECTION**

6.8 – 8.4

pH measurement is one of the tests most frequently carried out on water and aqueous solutions. The phenol red indicator method provides a simple colorimetric means of pH determination for neutral and slightly alkaline waters over the range 6.8 - 8.4 units. The Phenol Red pH test is particularly applicable to testing swimming pools and spas.

Method

The Palintest Phenol Red test uses a tablet reagent containing the precise amount of phenol red indicator required for the test. Phenol red reacts in water at different pH values over the range 6.8 - 8.4 to produce a distinctive range of colours from yellow to red. The colour of the test solution is indicative of the pH value and is measured using a Palintest Photometer.

Phenol red tablets contain a dechlorinating agent so that the test can be carried out in water containing normal levels of chlorine or other disinfectant residuals.

Reagents and Equipment

Palintest Phenol Red Clear Tablets
Palintest Automatic Wavelength Selection Photometer
Round Test Tubes, 10 ml glass (PT 595)

Test Procedure

- 1 Fill test tube with sample to the 10 ml mark.
- 2 Add one Phenol Red tablet, crush and mix to dissolve.
- 3 Select Phot 27 on Photometer.
- 4 Take Photometer reading in usual manner (see Photometer instructions).

Continuación Anexo C.

Palintest®

PHOT.21.AUTO

TEST INSTRUCTIONS

MAGNESIUM (MAGNECOL)

Photometer Method

AUTOMATIC
WAVELENGTH
SELECTION

TEST FOR MAGNESIUM IN WATER

0 – 100 mg/l

Magnesium is a widely occurring natural element and is found in most water supplies. Magnesium salts contribute to the hardness of water and higher levels of magnesium will be found therefore in hard water areas. Scale formation in heating and steam raising equipment is promoted by the presence of magnesium salts in the water. Magnesium salts do however have a lower scale forming tendency than calcium salts.

The Palintest Magnecol test provides a simple means of measuring magnesium levels in water over the range 0 - 100 mg/l Mg.

Method

The Palintest Magnecol test is based on a simple colorimetric procedure. Magnesium reacts with an organic reagent to produce an orange coloured complex. The reagent itself is yellow and thus over the range of the test a series of colours from yellow through to orange are produced.

The colour produced in the test is indicative of the magnesium concentration and is measured using a Palintest Photometer.

Reagents and Equipment

Palintest Magnecol Tablets

Palintest Automatic Wavelength Selection Photometer

Round Test Tubes, 10 ml glass (PT 595)

Measuring Syringe, 1 ml (PT 361)

Test Procedure

- 1 Using the measuring syringe take a 1 ml sample of the water under test. Transfer to the round test tube and make up to the 10 ml mark with deionised water.
- 2 Add one Magnecol tablet, crush and mix to dissolve.
- 3 Stand for five minutes to allow full colour development and the slight turbidity to clear.
- 4 Select Phot 21 on Photometer for result as mg/l Mg. Select Phot 61 for result as magnesium hardness, mg/l CaCO₃.
- 5 Take photometer reading in usual manner (see Photometer instructions).

Note: To convert mg/l Mg to magnesium hardness as CaCO₃, multiply by 4.2.

PHOT.21.AUTO

Anexo D Sistema de registro control e interpretación de parámetros de calidad de agua

Fecha	Día	Mes	Año												
	3	MAYO	2014	Parametros fisicoquimicos de Calidad de Aguas Piscicola Fish Flow											
Línea	Piscina	NH ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	CaCO ₃ Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	CaCO ₃ Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	pH	Aplicación					
L-1	P-1	0,11	0,12	37	13	25	8	105	7,8						
L-2	P-12	0,05	0,05	20	14	14	7	60	7		CaCO3				
L-3	P-36	0,04	0,46	32	10	25	9	90	7,5						
L-4	P-49	1	1	29	16	22	6	85	7,4	MELAZA	CaCO3				
L-5	P-68	0,04	0,05	29	12	26	8	79	7						
L-6	P-82	0,05	0,05	30	13	24	5	112	7,8						
L-7	P-103	<<	<<	25	10	19	8	64	7,2	MELAZA	CaCO3				
L-8	P-114	0,08	0,1	36	11	22	9	105	7,8						
Fecha	Día	Mes	Año	Parametros fisicoquimicos de Calidad de Aguas Piscicola Fish Flow											
	10	MAYO	2014	Línea	Piscina	NH ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	CaCO ₃ Ca (mg/L)	Ca (mg/L)	CaCO ₃ Mg (mg/L)	Mg (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	pH	Aplicación	
				L-1	P-2	0,13	0,15	39	8	24	7	70	7,2		CaCO3
				L-2	P-13	0,2	0,3	22	16	18	8	80	7,8		
				L-3	P-38	1	1	34	11	23	10	100	7,5	MELAZA	
				L-4	P-50	0,1	0,15	22	13	21	7	63	7,4		CaCO3
				L-5	P-69	0,01	0,01	28	15	29	9	80	7		
				L-6	P-87	0,5	0,6	31	17	27	4	112	7,5	MELAZA	
				L-7	100	0,01	0,02	28	10	17	4	66	7,4		CaCO3
				L-8	P-110	0,8	1	33	16	20	11	119	7,7	MELAZA	

Anexo E Protocolo para muestreo de reproductores y ajuste de alimento.

PROTOCOLO MUESTREO DE REPRODUCTORES PISCÍCOLA FISH FLOW Ltda.

El muestreo de reproductores se realizó teniendo en cuenta si los animales pertenecen al Sistema de reproducción Seminatural (S.S.N.) o al Sistema de Incubación Artificial (S.I.A.), con el fin de saber el peso promedio de los ejemplares de cada grupo, para realizar el cálculo de alimento a suministrar en cada periodo de producción de larvas u ovas según sea el caso, de la siguiente manera:

- Los reproductores pertenecientes al S.S.N., fueron muestreados al finalizar cada ciclo reproductivo (siete semanas), al momento del traslado a otro estanque y comenzar un nuevo ciclo de producción de larvas ajustando la tasa de alimentación al 1,5% de la biomasa.
- Los reproductores pertenecientes al S.I.A., serán muestreados al finalizar la cuarta semana de producción de ovas, al momento del traslado a otro estanque para comenzar un nuevo periodo de producción de ovas, ajustando la tasa alimenticia al 1,5% de la biomasa.

Materiales empleados para muestreo

- ✓ Un chinchorro de 1”.
- ✓ Una nasa.
- ✓ 10 kg sal marina.
- ✓ Una balanza de 10Kg de capacidad.
- ✓ Una tina plástica con agujeros.
- ✓ Cuatro tinas de traslado.

Metodología de muestreo de reproductores

- a. Se realiza la calibración de la balanza quitándole el peso de la tina con agujeros con el fin de obtener el peso neto de los animales.
- b. Se extraen los reproductores del estanque, en el caso del S.S.N. mediante un arrastre con el chinchorro desde el sector más profundo del estanque hasta el sector menos profundo, en el caso del S.I.A. mediante un arrastre de la japa del grupo de reproductores hacia el sector con menor profundidad.

Anexo F Tasa alimentación Sistema Seminatural.

Grupo	N° Animales	Peso Prom (g)	Biomasa (Kg)	Alimento / Día (Kg)
1	843	280	236	3,5
2	693	298	207	3,1
3	776	320	248	3,7
4	673	302	203	3,1
5	892	288	257	3,9
6	764	352	269	4,0
7	772	344	266	4,0
8	1.176	298	350	5,3
9	707	354	250	3,8
10	883	307	271	4,1
11	1.423	259	368	5,5
12	1.103	310	342	5,1
13	1.461	268	392	5,9
14	844	360	304	4,6
15	835	347	290	4,3
16	1.063	301	320	4,8
17	909	344	313	4,7
18	896	256	229	3,4

Anexo G Tasa alimentación Sistema de Incubación Artificial.

Gru po	N° Animales	Peso Prom (g)	Biomasa (Kg)	Alimento / Día (Kg)
1	424	245	104	1,6
2	427	255	109	1,6
3	420	208	87	1,3
4	425	230	98	1,5
5	427	245	105	1,6
6	419	333	139	2,1
7	429	257	110	1,7
8	424	268	114	1,7
9	419	321	134	2,0
10	433	269	117	1,7
11	420	278	117	1,8
12	413	293	121	1,8
13	417	388	162	2,4
14	425	345	147	2,2
15	424	351	149	2,2
16	437	288	126	1,9

Anexo H Registro de producción de larvas y supervivencia de alevinos en estanques de reversión en la empresa piscícola Fish Flow Ltda.

FISH FLOW Ltda.													
Registro grupos y supervivencia de alevinos													
FECHA SIEMBRA	ESTANQUES LARVICULTURA (825 m ³)	Grupos							LARVAS SEMBRADAS	FECHA TRASLADO A JAULA	JAULA PRE-CRÍA	ALEVINOS	SUPERVIVENCIA%
10/03/2014	P-32	4	5	6	7	8		9	123.169	04-may-14	j-1	55.000	45
12/03/2014	P-31	10	11	12	13	14			184.918		j-1	79.000	43
15/03/2014	P-30	15	16	17	18				181.499		j-1	78.000	43
16/03/2014	P-29	2	3	4	5	6		1	134.409		j-1	65.000	48
17/03/2014	P-28	6	7	8	9				82.421	05-may-14	j-2	50.000	61
18/03/2014	P-27	16	10	11	12				152.603		j-2	65.000	43
22/03/2014	P-26	9	13	14	15				137.620		j-2	60.300	44
25/03/2014	P-25	17	18	1	2	3			174.565		j-2	77.000	44
26/03/2014	P-24	4	5	6	7	8	8	17	155.218	15-may-14	j-3	60.000	39
28/03/2014	P-23	8	17	10	16	11			201.706		j-3	87.000	43
29/03/2014	P-22	12	13	14	15	9	18		219.062		j-3	84.419	39
05/04/2014	P-21	4	5	18	6	9	8		152.083		j-3	63.000	41
12/04/2014	P-19	6	7	8	9	10	11		152.599	21-may-14	j-4	73.000	48
17/04/2014	P-18	12	13	14	15	1			198.863		j-4	93.000	47
29/04/2014	P-17	2	3	4	5	6	7	8	144.918		j-4	68.000	47
07/04/2014	P-20	2	3	4	16	5	6		138.015	28-may-14	j-5	55.000	40
Total									2.533.668		Total	1.112.719	45
											% Sob. del mes		40

Anexo I Registro de producción de larvas de los reproductores de la empresa piscícola Fish Flow Ltda.

FISH FLOW Ltda.				
Registro de grupos y producción de larvas por ciclo.				
FECHA	ESTANQUE	GRUPO	CANTIDAD	TOTAL
10-mar-14	P-32	4	19219	123.169
		5	21527	
		6	12847	
		7	15206	
		8	36797	
		9	17573	
12-mar-14	P-31	10	36980	184.918
		11	33203	
		12	37322	
		13	34608	
		14	42805	
15-mar-14	P-30	15	42639	181.499
		16	45107	
		17	49628	
		18	44125	
16-mar-14	P-29	1	41497	134.409
		2	24206	
		3	15116	
		4	19219	
		5	21526	
		6	12845	
17-mar-14	P-28	6	12845	82.421
		7	15206	
		8	36797	
		9	17573	
18-mar-14	P-27	16	45106	152.603
		10	36979	
		11	33199	
		12	37319	
22-mar-14	P-26	13	34608	137.620
		14	42803	
		15	42636	
		9	17573	

Continuación Anexo I

25-mar-14	P-25	17	49625	174.565
		18	44123	
		1	41497	
		2	24206	
		3	15114	
26-mar-14	P-24	4	19219	155.218
		5	21526	
		6	12845	
		7	15206	
		17	49625	
		8	36797	
28-mar-14	P-23	8	36797	201.706
		17	49625	
		10	36979	
		16	45106	
		11	33199	
29-mar-14	P-22	12	37319	219.062
		13	34608	
		14	42803	
		15	42636	
		9	17573	
		18	44123	
05-abr-14	P-21	4	19219	152.083
		5	21526	
		18	44123	
		6	12845	
		9	17573	
		8	36797	
07-abr-14	P-20	2	24206	138.015
		3	15114	
		4	19218	
		16	45106	
		5	21526	
		6	12845	

Continuación Anexo I

12-abr-14	P-19	6	12845	152.599
		7	15206	
		8	36797	
		9	17573	
		10	36979	
		11	33199	
17-abr-14	P-18	12	37319	198.863
		13	34608	
		14	42803	
		15	42636	
		1	41497	
29-abr-14	P-17	2	24206	144.918
		3	15114	
		4	19218	
		5	21526	
		6	12845	
		7	15212	
		8	36797	
			2.533.668	2.533.668

Anexo J Producción de ovas, sistema de incubación artificial, ciclo a: enero – febrero.

Grupo	N° Hembras	Total ovas/ grupo	Hembras Desovadas	Ovas/ Hembra	Peso promedio Hembra (Kg)	Ovas/ kg	% Hembras Desovadas
1	350	140.000	149	940	0,245	3.835	43
2	350	170.000	178	955	0,255	3.745	51
3	350	190.000	210	905	0,28	3.231	60
4	350	165.000	154	1.071	0,23	4.658	44
5	350	155.000	159	975	0,245	3.979	45
6	350	160.000	199	804	0,333	2.414	57
7	350	200.000	215	930	0,257	3.620	61
8	350	195.000	201	970	0,268	3.620	57
9	350	205.000	205	1.000	0,321	3.115	59
10	350	245.000	253	968	0,269	3.600	72
11	350	175.000	262	668	0,278	2.403	75
12	350	160.000	214	748	0,293	2.552	61
13	350	440.000	334	1.317	0,388	3.395	95
14	350	250.000	222	1.126	0,345	3.264	63
15	350	360.000	280	1.286	0,351	3.663	80
16	350	205.000	160	1.281	0,288	4.449	46
Total		3.415.000	3.395	1.006	promedio	3.471	61

FUENTE: Practica Empresarial

DESVIACIÓN ESTÁNDAR % HEMBRAS DESOVADAS	14
--	-----------

Anexo K Producción de ovas, Sistema de Incubación Artificial, Ciclo B: marzo – abril.

Grupo	N° Hembras	Total ovas/grupo	Hembras Desovadas	Ovas/Hembra	Peso promedio Hembra (Kg)	Ovas/kg	% Hembras Desovadas	% Hembras Corregido
1	318	325.000	273	1.190	0,255	4.669	78	78
2	320	355.000	331	1.073	0,24	4.469	95	95
3	315	410.000	311	1.318	0,293	4.499	89	89
4	319	300.000	298	1.007	0,244	4.126	85	85
5	320	175.000	154	1.136	0,256	4.439	44	44
6	314	235.000	246	955	0,33	2.895	70	70
7	322	285.000	299	953	0,251	3.798	85	85
8	318	320.000	311	1.029	0,275	3.742	89	89
9	314	410.000	386	1.306	0,32	4.080	110	100
10	325	305.000	322	947	0,254	3.729	92	92
11	315	420.000	405	1.333	0,279	4.779	116	100
12	310	360.000	386	1.161	0,3	3.871	110	100
13	313	420.000	348	1.207	0,397	3.040	99	99
14	319	250.000	215	1.163	0,359	3.239	61	61
15	318	355.000	298	1.191	0,33	3.610	85	85
16	328	365.000	251	1.454	0,279	5.212	72	72
Total		5.290.000	4834	1094	promedio	4.012	86	84

Fuente: Practica empresarial

Desviación Estándar % Hembras desovadas	15
--	-----------

Anexo L Producción de ovas, Sistema de Incubación Artificial, Ciclo C: mayo – junio.

Grupo	Embriones	Total ovas/ grupo	Hembras Desovadas	Ovas/ Hembra	Peso promedio (Kg)	Ovas/ kg	% Hembras Desovadas	% Hembras Corregido
1	175.000	455.000	275	1.655	0,26	6.364	86	86
2	160.000	420.000	302	1.391	0,255	5.454	95	95
3	215.000	565.000	360	1.794	0,301	5.959	113	100
4	145.000	385.000	332	1.207	0,257	4.696	104	100
5	115.000	285.000	288	990	0,24	4.123	91	91
6	220.000	415.000	327	1.322	0,352	3.755	103	100
7	80.000	330.000	302	1.093	0,233	4.690	95	95
8	65.000	225.000	240	938	0,28	3.348	75	75
9	75.000	315.000	296	1.064	0,341	3.121	93	93
10	160.000	385.000	341	1.185	0,26	4.556	107	100
11	75.000	300.000	246	1.220	0,266	4.585	77	77
12	125.000	400.000	302	1.325	0,311	4.259	95	95
13	55.000	275.000	244	1.127	0,377	2.990	77	77
14	280.000	535.000	372	1.677	0,354	4.738	117	100
15	215.000	470.000	395	1.478	0,331	4.465	124	100
16	190.000	375.000	306	1.225	0,288	4.255	96	96
Total		6.135.000	4928	1245	promedio	4.460	97	93

Fuente: Practica empresarial

Desviación Estándar % de Hembras desovadas	8,6
---	------------

Anexo M Registro de temperatura laboratorio de incubación.

Fecha	Hora a.m.	Temperatura. °C	Hora p.m.	Temperatura. °C
01-jun-14	06:00	23	06:00	25
02-jun-14	06:00	24	06:00	26
03-jun-14	06:00	25	06:00	27
04-jun-14	06:00	24	06:00	27
05-jun-14	06:00	22	06:00	26
06-jun-14	06:00	23	06:00	26
07-jun-14	06:00	23	06:00	25
08-jun-14	06:00	24	06:00	27
09-jun-14	06:00	23	06:00	27
10-jun-14	06:00	22	06:00	26
11-jun-14	06:00	22	06:00	25
12-jun-14	06:00	22	06:00	26
13-jun-14	06:00	23	06:00	25
14-jun-14	06:00	22	06:00	26
15-jun-14	06:00	23	06:00	26
16-jun-14	06:00	23	06:00	26
17-jun-14	06:00	24	06:00	27
18-jun-14	06:00	23	06:00	26
19-jun-14	06:00	24	06:00	25
20-jun-14	06:00	23	06:00	25
21-jun-14	06:00	22	06:00	27
22-jun-14	06:00	22	06:00	26
23-jun-14	06:00	23	06:00	25
24-jun-14	06:00	22	06:00	26
25-jun-14	06:00	23	06:00	25
26-jun-14	06:00	23	06:00	26
27-jun-14	06:00	24	06:00	26
28-jun-14	06:00	22	06:00	26
29-jun-14	06:00	23	06:00	27
30-jun-14	06:00	22	06:00	25
01-jul-14	06:00	23	06:00	26
Promedio		23		25,9

Anexo N Registro de parámetros Fisicoquímicos en líneas de estanques en la empresa Fish Flow Ltda.

Mes de mayo del año 2013.

Estanque	NH ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	CaCO ₃ Ca (mg/L)	CaCO ₃ Mg (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	pH
P-13	0,15	0,2	35	30	100	7,8
P-5	0,1	0,1	20	14	60	7,5
P-7	0,01	0,01	30	25	110	7,2
P-100	<<	<<	29	22	80	7,3
P-32	0,04	0,05	30	25	79	7,5
P-1	<<	<<	20	24	112	7
P-4	0,05	0,05	35	25	120	7,7

Mes de julio del año 2013.

Estanque	NH ₃ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	CaCO ₃ Ca (mg/L)	CaCO ₃ Mg (mg/L)	Alcalinidad (mg/L)	pH
P-15	0,20	0,34	40	23	99	7,5
P-8	0,05	0,1	50	17	70	7
P-9	0,1	0,25	18	29	105	7,5
P-102	<<	<<	33	12	90	7,6
P-33	0,4	0,78	28	15	87	7,7
P-8	0,1	0,89	39	19	130	7
P-9	0,5	0,5	22	22	120	7,9