

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERÍA**



**“MANEJO REPRODUCTIVO Y SINCRONIZACIÓN DEL DESOVE
EN UN CENTRO DE PRODUCCIÓN DE ALEVINOS DE TILAPIA**

(*Oreochromis niloticus*), REGIÓN SAN MARTÍN”

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO
ZACARIAS PITHER ALARCON CANCHARI**

LIMA – PERÚ

2020

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art.24 –
Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERÍA**

**“MANEJO REPRODUCTIVO Y SINCRONIZACIÓN DEL
DESOVE EN UN CENTRO DE PRODUCCIÓN DE ALEVINOS DE
TILAPIA (*Oreochromis niloticus*), REGIÓN SAN MARTÍN”**

Presentado por:

ZACARIAS PITHER ALARCON CANCHARI

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de:

INGENIERO PESQUERO:

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

M. Univ. Fernando S. Galecio Regalado
PRESIDENTE

M. Sc. Aníbal S. Verástegui Maita
ASESOR

MG. Sc. Elsa V. Vega Galarza
MIEMBRO

Dra. Verónica Sierralta Chichizola
MIEMBRO

Lima, 2020

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	2
I. PRESENTACIÓN.....	5
II. INTRODUCCIÓN.....	7
III. OBJETIVOS.....	9
IV. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	10
4.1. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO LABORAL.....	10
4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES DESEMPEÑADAS Y VÍNCULOS CON EL CAMPO DE LA CARRERA PROFESIONAL.....	11
4.3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN EL CENTRO DE CULTIVO - FUNDO PUCAYACU.....	23
4.4. CONTRIBUCIÓN EN LA SOLUCIÓN EN CADA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	24
4.5. ANÁLISIS DE LA CONTRIBUCIÓN, EN FUNCIÓN DE COMPETENCIAS Y HABILIDADES DURANTE SU FORMACIÓN PROFESIONAL.....	25
4.6. NIVEL DE BENEFICIO OBTENIDO POR EL CENTRO LABORAL DE LA CONTRIBUCIÓN REALIZADA A LA SOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS.....	33
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Media Anual – máxima y mínima promedios – de Temperatura ambiental °C del 2010 - 2014	25
Tabla 2: Características del lote inicial de reproductores.....	26
Tabla 3: Segunda fase de producción de ovas en lotes programados.....	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura Organizacional del Grupo Crea Ingenieros S.A.	11
Figura 2: RAS para la incubación de ovas, incubadoras tipo Mc Donald.....	12
Figura 3: RAS de alevinaje, en funcionamiento.....	13
Figura 4: Módulo del Sistema Biofloc – vista interior-.....	13
Figura 5: Módulo del Sistema Biofloc – vista exterior	14
Figura 6: Reproductor de tilapia – <i>Oreochromis niloticus</i>	15
Figura 7: Flujograma - primera etapa, selección de hembras para la sincronización.....	17
Figura 8: Flujograma - segunda etapa, producción de ovas en lotes programados.....	18
Figura 9: Extracción de ovas de la cavidad bucal de la hembra.....	20
Figura 10: Cuantificación de las ovas de tilapia. Método volumétrico.....	21
Figura 11: Ovas de tilapia en las incubadoras	21
Figura 12: Temperatura promedio en °C del agua en el interior y exterior del invernadero.....	26
Figura 13: Relación del Peso (g) por longitud total (cm) del lote inicial (Hembra – Macho).....	27
Figura 14: Producción de ovas en función del peso de la madre, para tres ciclos de apareamiento.	30
Figura 15: Relación del porcentaje de hembras desovadas por ciclos de producción.....	31
Figura 16: Comportamiento del peso promedio de reproductores hembra y el número de ovas promedio producidas por hembra, en los ciclos reproductivos	32

Figura 17: Relación de la producción de ovas (número por gramo de hembra), con el número de ciclos sucesivos.....	33
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Parámetros de calidad de agua en tanques de reproducción y descanso, primera y segunda etapa de sincronización.	40
Anexo 2: Temperatura promedio en C° del agua en los tanques, interior y exterior del invernadero; primera y segunda etapa de sincronización.....	41
Anexo 3: Zona del proyecto – inspección inicial del terreno	42
Anexo 4: Vista panorámica de la zona del proyecto.	42
Anexo 5: Tanques de cultivo de alevines.	43
Anexo 6: Incubación artificial de alevines de Tilapia.	43
Anexo 7: Sala de máquinas.	44
Anexo 8: Estanques de tierra.	44

I. PRESENTACIÓN

En la presente monografía se expone parte de los resultados del proyecto “Desarrollo de un paquete tecnológico de producción de alevines de tilapia *Oreochromis niloticus* monosexo utilizando el sistema Biofloc y recirculación de agua, bajo condiciones de invernadero, para su aplicación en actividades de consultoría”. Convenio N° 601-FIDECOM-INNOVATEPERÚ PIMEN 2015; el cual puso en operación un módulo de manejo de reproductores, cosecha de huevos e incubación artificial, y cultivo de larvas hasta la reabsorción de saco vitelino, para culminar con la fase de alevinaje con masculinización hormonal. El proyecto se ejecutó contando con el soporte institucional de: La Universidad Nacional Agraria La Molina, “UNALM”, entidad dedicada a la educación pública, con muchos años de experiencia en la formación de profesionales en pesca y acuicultura. Y con la dirección de la empresa GRUPO CREA INGENIEROS S.A. que puso su experiencia en la ejecución de proyectos y su capacidad de gestión, para la culminación satisfactoria del proyecto financiado por INNOVATE PERU.

En el marco del referido proyecto, las actividades desarrolladas que fueron consideradas para el reporte de la experiencia profesional con fines de optar el título profesional de ingeniero pesquero, correspondieron al cargo de Jefe de Campo, encargado de la ejecución de los trabajos iniciales del proyecto desde la delimitación del terreno, su preparación, adquisición de materiales, contratación de personal, y la supervisión de los trabajos de implementaron del proyecto, con sus ambientes de crianza como los ambientes administrativos y de seguridad. En este accionar, y contando con el apoyo de parte de la gerencia de la empresa se ha logrado satisfactoriamente culminar con la construcción de una vivienda, un laboratorio – invernadero húmedo y un módulo para el mantenimiento de reproductores. Los procesos puestos en práctica durante la reproducción y crianza de larvas y alevinos de tilapias han permitido definir una metodología de trabajo para la obtención de alevinos monosexo machos – en ciclos sucesivos - listos para su traslado a estanques de producción, lo cual representa una buena contribución para mejorar el sistema de producción de alevinos que se ha venido practicando en la región San Martín.

Los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de los estudios universitarios, han contribuido eficazmente en el logro de una función cabal en el referido cargo, y ha permitido obtener la experiencia de campo necesario para complementar los conocimientos, la mayoría teóricos, que imparte la universidad, particularmente en la materia de acuicultura.

II. INTRODUCCIÓN

La acuicultura en el Perú tiene limitado desarrollo debido, al poco impulso por parte del gobierno y a la baja inversión privada en el sector. Debe anotarse que el Perú cuenta con un alto potencial hídrico ya que existen alrededor de 22,000 hectáreas de espejos de agua de las cuales solo algunas cuentan con estudios completos que confirman su potencial para el desarrollo de la actividad, así como también de recursos fluviales tanto en la región andina como en la Amazonía. Sobre la base de lo expuesto, se puede indicar que el Perú tiene un gran potencial para desarrollar la acuicultura.

Un factor clave en el desarrollo de la acuicultura en Perú, es el suministro de alevines, y en particular los alevines de tilapia, que actualmente son producidos por las empresas privadas que se dedican a la producción de alevines monosexo machos, y de las estaciones pesqueras y/o centros piscícolas de las Direcciones Regionales y Subregionales de Pesquería, como es el caso de la Estación Pesquera de Ahuashiyacu en Tarapoto, y la Estación Pesquera de Marona, Moyobamba, ambos con una producción mayor a un millón 100 mil alevines de tilapia, por año, con bajos rendimientos y calidad variable de la semilla; según diagnóstico de Región San Martín citado en Baltazar, (2014). Las experiencias locales de cultivo de tilapia en la región San Martín, están orientadas al manejo durante la etapa de crecimiento - engorde y no se conoce las implicancias que tiene las características de un reproductor y de su manejo, sobre la producción de ovas, en la incubación y finalmente sobre la producción de alevinos.

La situación descrita motivó la realización de un trabajo de investigación aplicada, en el marco de un Convenio con financiamiento de INNOVATE PERU, teniendo como objetivo innovar la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*), mediante el desarrollo de la reproducción y sincronización de desoves de reproductores, con pesos promedio de 300 gramos, en ciclos sucesivos de apareamientos y selección gradual, con la finalidad de alcanzar niveles productivos comparables a los reportes de parámetros de producción más eficientes de los sistemas de producción continua de alevinos machos monosexo de tilapia. Lo que generará mayores producciones de alevines, contribuyendo a cosechas de mejor calidad y precios más competitivos, redundando en una mejora de la economía de los

criadores de peces en la Región san Martín. Asimismo, abrirá nuevas opciones para las empresas que presenten situaciones similares, sirviendo como marco referencial para la mejora continua dentro de su producción.

Es así que las actividades y resultados que se exponen en el presente documento, dan cuenta de la función de Jefe de Campo encargado de la supervisión y dirección de actividades de investigación con la finalidad de contribuir a la solución del problema expuesto en párrafos anteriores.

III. OBJETIVOS

1. Presentar los temas centrales del desarrollo de la experiencia profesional en la especialidad de acuicultura, consistente en la producción de alevinos de tilapias, considerando aspectos selección de reproductores, sincronización de desoves, incubación artificial y desarrollo del alevinaje, empleando sistemas de recirculación y biofloc para el mantenimiento de reproductores.
2. Realizar el análisis de la contribución de los trabajos realizados durante el periodo de la experiencia profesional, en la mejora de los rendimientos técnicos y de gestión en los diferentes trabajos de la empresa.

IV. DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1. DESCRIPCIÓN DEL CENTRO LABORAL

a. Razón social

Razón social: Grupo Crea Ingenieros S.A. RUC: 20522745163 Dirección Calle Grau 170-C; Miraflores - Lima - Lima Telefono:01-4455132

b. Sector al que pertenece

La empresa ha sido creada en el marco de los Servicios de Consultoría, en el campo de las actividades productivas, como línea secundaria de desarrollo. Y en su visión de hacer consultoría basada en la investigación, GRUPO CREA INGENIEROS S.A. ha incursionado en la tecnificación de la producción de alevinos de tilapia, con miras realizar consultorías.

c. Número de servidores del área

En el periodo que se laboró en la sede del proyecto, Fundo Pucayacu, la empresa contaba con 7 colaboradores: 01 jefe de Campo, 02 técnicos y 04 operarios, personal en la etapa de producción. En la fase de construcción e implementación las instalaciones – invernaderos y vivienda – se contaban con 01 Ing. Civil, 01 jefe de campo y 20 obreros.

d. Estructura Organizacional



Figura 1. Estructura Organizacional del Grupo Crea Ingenieros S.A.

e. Cargo desempeñado

El cargo desempeñado, Jefe de Campo – Técnico. Encargado de la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) monosexo.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES DESEMPEÑADAS Y VÍNCULOS CON EL CAMPO DE LA CARRERA PROFESIONAL

El presente trabajo se ejecutó en las instalaciones del Fundo Pucayacu 250 m.s.n.m., contando con el financiamiento por parte de Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad – INNÓVATE PERÚ. Las actividades del proyecto correspondiente al Convenio N° 601-FIDECOM-INNOVATEPERÚ PIMEN 2015; tuvo una duración de un año programado, extendido a tres años por considerarse estratégico para la empresa.

Como parte de las funciones en el cargo desempeñado en la empresa, se han desarrollado una serie de actividades que encierra la ingeniería en la infraestructura y en los procesos convencionales para la producción de semilla monosexo machos de tilapia *Oreochromis niloticus*, comprendiendo 2 etapas:

i. Puesta en funcionamiento del centro de producción

- ✓ Implementación del Sistema de Recirculación de Agua (RAS)

El sistema RAS está comprendido de filtros mecánicos y biológicos, tanques de cultivo, equipos de bombeo y de desinfección. Permitieron manejar y conservar volúmenes de agua con características físicas, químicas y biológicas con parámetros óptimos para el desarrollo de organismos acuáticos en sus diferentes estadios. Estos volúmenes de agua, mediante un caudal circulante, son renovados para asegurar que sus características se mantengan en rangos adecuados, al margen de variaciones horarias o variaciones estacionales, (Timmons, 2012).



Figura 2. RAS para la incubación de ovas, incubadoras tipo Mc Donald.

La implementación del sistema RAS para la incubación de ovas (Figura 2) tuvo como propósito asegurar la calidad de agua a lo largo del periodo de trabajo, evitando la influencia de las oscilaciones estacionales o variaciones horarias en los parámetros de calidad de agua. El sistema RAS para el alevinaje – una vez cumplido el periodo de reabsorción del saco vitelino - estuvo conformado por 12 tanques de polietileno de 1500 L (Figura 3). Ambos sistemas estaban constituidos de filtros mecánicos de sedimentador en placas, biofiltros, sistemas de impulsión y distribución de agua. Estas instalaciones aseguraron la calidad de agua a lo largo del periodo de incubación (7 días) y primer alevinaje (21 días), no varíe significativamente. Por consiguiente, la recirculación del agua para alimentar los tanques de cultivo, permitió brindar las óptimas condiciones a los alevines una vez reabsorbido su saco vitelino hasta el

momento en que se encontraron aptos para soportar condiciones de crianza en estanques expuestos a la intemperie.



Figura 3. RAS de alevinaje, en funcionamiento.

✓ Implementación del sistema de tanques con Biofloc

Un sistema Biofloc, es un cultivo de colonias de microorganismos cuya acción consiste en la transformación de desechos y alimento no utilizado. Los flóculos microbianos consisten en una mezcla heterogénea de microorganismos, formadores de flóculos y bacterias filamentosas, partículas, coloides, polímeros orgánicos, cationes y las células muertas (Jorand, 1995).



Figura 4. Módulo del Sistema Biofloc – vista interior.

Se estableció un protocolo de mantenimiento de reproductores de tilapia bajo condiciones de invernadero en sistema Biofloc (Figura 5). El cual en el proyecto fue empleado para el mantenimiento del stock de reproductores (Figura 6) a ser ocupados en el periodo de descanso o de reproducción durante la producción de alevinos monosexo. El sistema de cultivo, considerado como sistema estacionario, la masa de agua empleada se mantiene sin circulación a través del tanque de cultivo, por tanto, los procesos que en este ambiente ocurren deben alcanzar un equilibrio entre “lo que se produce” y “lo que se consume”, de modo que, una vez alcanzado el ritmo de producción y consumo con la calidad de agua aceptable, ésta debe mantenerse a lo largo del tiempo; sin provocar consumos ni producciones acumulativas.



Figura 5. Módulo del Sistema Biofloc – vista exterior.

Los tanques fueron aireados de manera intensa y constante (Figura 4). La falta de una fuente de oxígeno por pocos minutos, determinaría la mortandad de los peces. Bocioc (2010), refiere al oxígeno disuelto como limitante en la densidad de siembra determinando la calidad de agua en el sistema biofloc; de manera que, es necesario mantener una alta concentración de oxígeno disuelto, para la buena salud de los organismos cultivados (Watson, 2006). En contraparte, el Sistema Biofloc brinda la posibilidad de ahorrar alimento para los peces, por cuanto estos pueden tomar las colonias de microorganismos – que son ricos en proteína – como un alimento con aporte significativo a la ración diaria. Y siendo el mantenimiento de reproductores el

componente con mayor significancia en el costo de alimento, se incorporó esta técnica en esta parte del proyecto.



Figura 6. Reproductor de tilapia – *Oreochromis niloticus*.

ii. Producción de alevinos monosexo macho de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

✓ Procedencia de reproductores y selección

Se adquirió un lote de 60 reproductores de Tilapia *Oreochromis niloticus* del centro de cultivo de El Gran Paso - San Martín. Del total de lote de reproductores se determinó los datos biométricos tales como longitud total (Lt) en cm y peso total (Wt) en g. La cual se determinaron mediante un ictiómetro y una balanza de digital de 30 Kg de capacidad con precisión de 1g. Por consiguiente, se precisó el factor de condición de hembras y machos de acuerdo a Vazzoler (1982), citado en Fukushima, (2016); según “la ecuación $K = Wt/Lt^3$, donde Wt es el peso total (g) y Lt es la longitud total del pez (cm)”.

Los peces fueron instalados y manejados en 8 tanques de Polietileno de 1500 L de capacidad, implementado con sistema biofloc. El sistema biofloc, nos permitió mantener y seleccionar los reproductores para la obtención de ovas, empleando mallas mosquitera y tipo anchovetera de 1 mm y ½” de apertura de malla respectivamente. Se suministró alimento balanceado a razón de 1.0% el peso corporal diario; con un porcentaje de proteína entre 32 y 40%, (Gunasekara, 1995). Además, como ventaja del sistema Biofloc; la alimentación está basado en el principio de re

suspensión de la materia orgánica en la columna de agua, bajo una aireación constante proporcionado por un blower con motor de 1 HP, permitiendo mantener los flóculos disponibles a los peces, que se estima llegan a aportar en la nutrición 30 - 50 % del requerimiento, con proteína de alta digestibilidad.

✓ Control de alimentación de reproductores

La alimentación se basó en alimento balanceado de la marca Nicovita, con porcentaje de proteína de 35%, suministrándoles a razón de 1.0% del peso corporal diario de kg de hembra. La distribución del alimento se realizó en forma circular, garantizando la distribución sea homogénea en el tanque. Con la ayuda de una aireación constante proporcionado por el blower, el alimento permanecía suspendida el tiempo suficiente, asegurándose que todos los reproductores tengan oportunidad de alimentarse. Así mismo, el número de raciones se mantuvo constante el tiempo con periodos de 3 veces por día, en los horarios de 8h, 12h y 17h.

✓ Control de manejo reproductivo y periodo de descanso

A medida que se empezó a implementar los sistemas Biofloc y RAS se elaboró flujograma de actividades aplicado en la producción de alevinos, a partir de las actividades realizadas como acciones previas para un incremento de la productividad mediante la sincronización de la reproducción, para una producción sucesiva y controlada; explicándose dos etapas de selección y agrupamiento de reproductores:

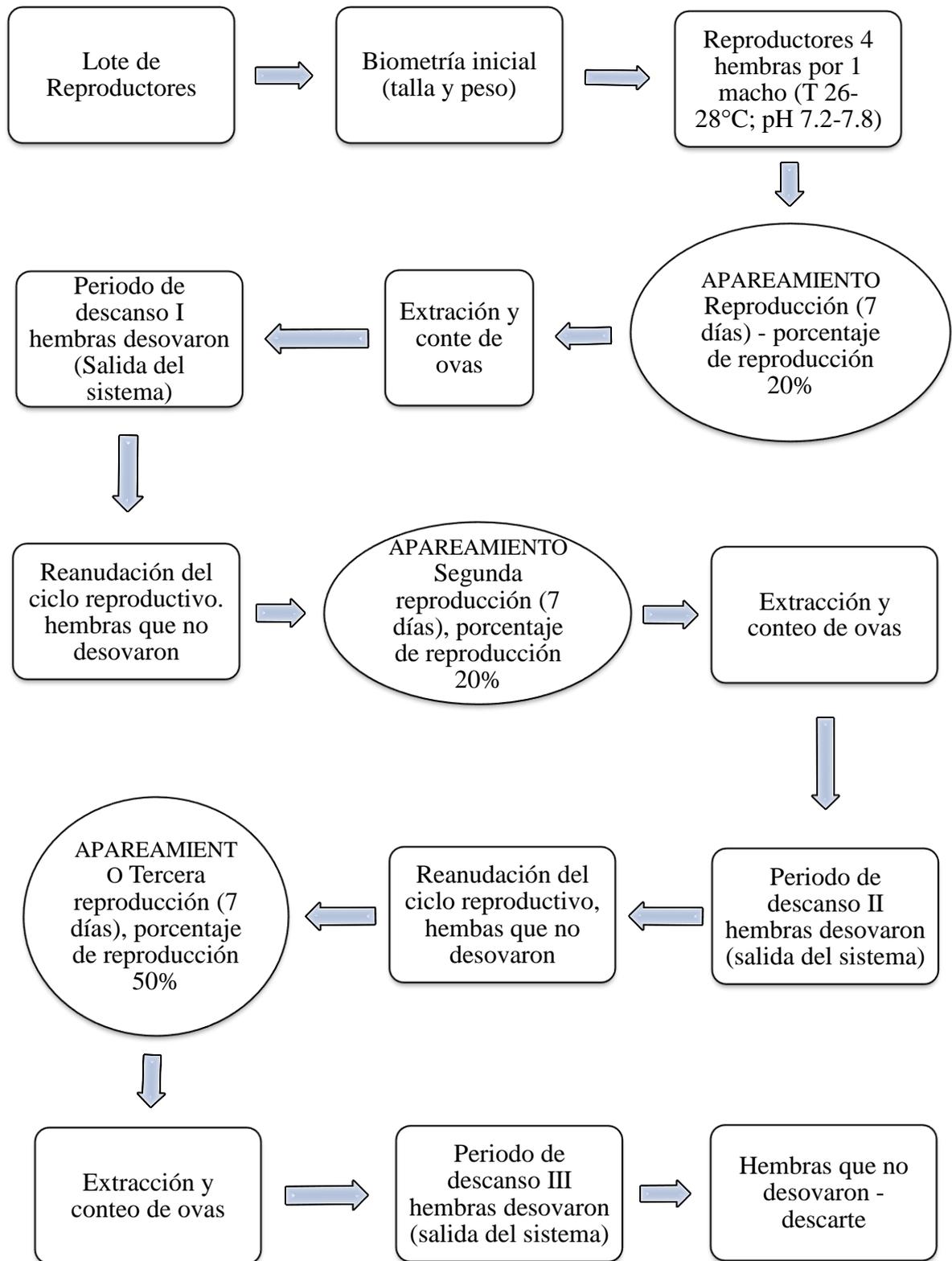


Figura 7. Flujograma - primera etapa, selección de hembras para la sincronización.

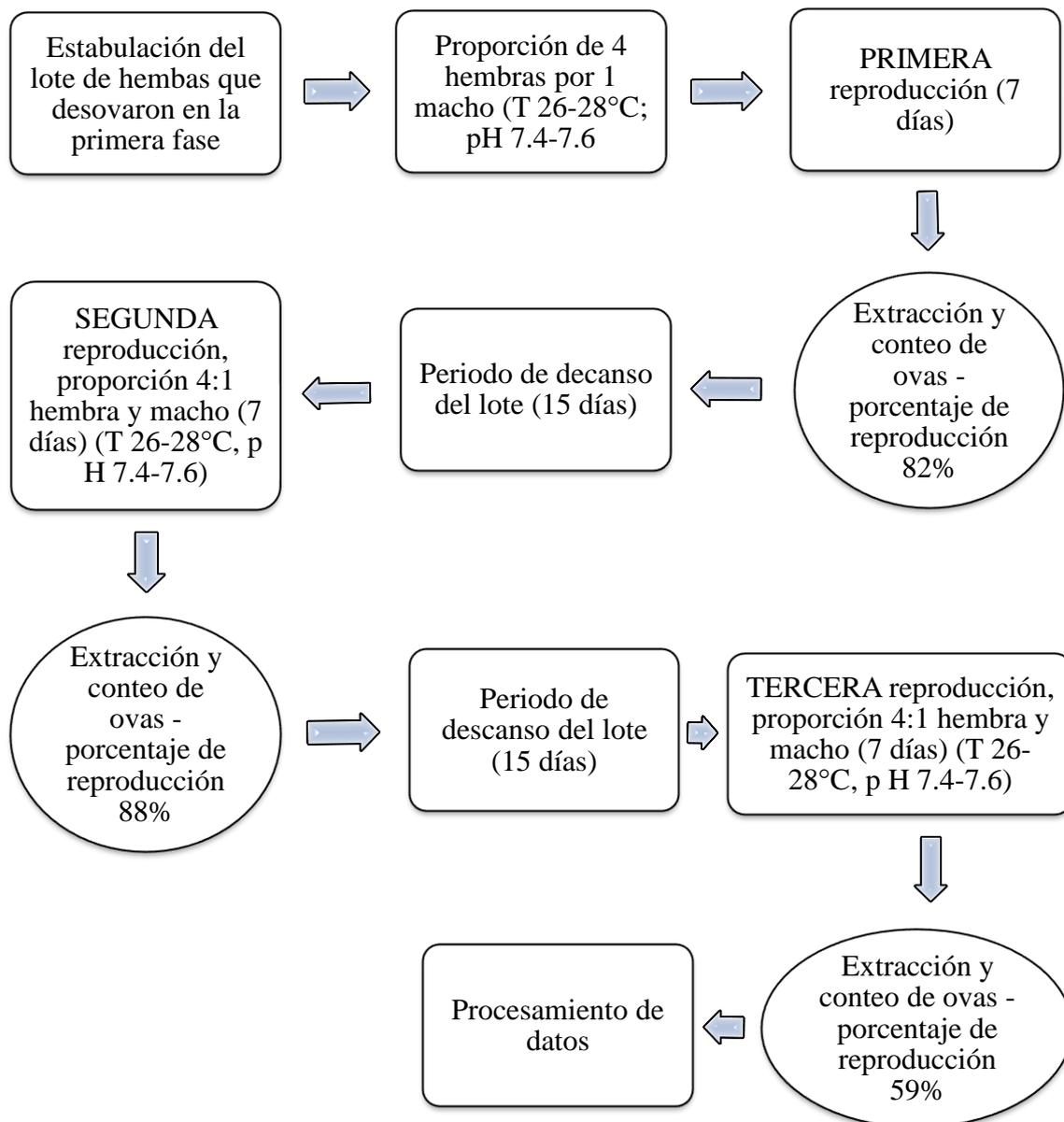


Figura 8. Flujograma - segunda etapa, producción de ovas en lotes programados.

El control de manejo reproductivo tuvo como finalidad el desarrollo de la sincronización de desoves, e identificar y agrupar a las reproductoras que desovaban simultáneamente.

Las actividades realizadas como acciones de control reproductivo para una producción sucesiva y controlada, se ejecutaron en 2 etapas:

- Primera etapa; tuvo por finalidad identificar y agrupar tilapias reproductoras hembras que desovaban en forma simultánea, en un tanque de geomembrana de 8m², siguiendo un ciclo simultaneo de maduración y de desove. Para ello se realizó la extracción de ovas con una periodicidad de 7 días, estableciéndose dos lotes de hembras: hembras que desovaron y hembras que no desovaron. Además, se estableció una proporción de sexos 4:1 (Salama, 1996), hembra y macho respectivamente; con una densidad de 7.5unidad/m² para la producción de ovas.

Se halló que, con 3 ciclos sucesivos de reproducción, que posteriormente demostró ser el tiempo necesario, se logra sincronizar las posturas de las hembras. En el primer y segundo ciclo se obtuvo un 20% de efectividad de reproducción, las hembras que no desovaron fueron estabuladas nuevamente con los machos para su apareamiento, para el tercer ciclo reproductivo se obtuvo una efectividad del 50%. Simultáneamente las hembras que desovaron en los 3 ciclos reproductivos salieron del sistema y se acondicionaron en tanques de recuperación por periodos de descanso I, II y III respectivamente, a consecuencia del desgaste energético durante la reproducción (Figura 8). En este sistema solo entraron en reposo las hembras no así los machos, se estableció un sistema rotativo en el que las hembras ingresaron al apareamiento en forma alternada. Las hembras que no desovaron durante los 3 ciclos de apareamiento sucesivo se descartaron.

Por consiguiente, al finalizar la primera etapa, los machos y las hembras fueron retirados de los sistemas de reproducción y se mantuvieron en estanques de forma separada durante un periodo de reacondicionamiento. Little, (1989), reporta un incremento significativo en la productividad de semilla con un ciclo de reproducción y desove de 5-10 días y reacondicionándolos en los posteriores 5-10 días. Lo que resulta en la sincronización y descansos adecuados aumentando considerablemente la producción de semilla.

- Segunda etapa, tuvo como finalidad obtener parámetros de productividad de ovas en lotes programados con la sincronización de desoves. Esta etapa en mención tuvo una duración de 49 días, en el cual las hembras ya seleccionadas en la primera etapa pasaron por un proceso de estabulación, para reiniciar el ciclo de

reproducción durante 7 días y periodos de descanso de 14 días, proceso que se ilustra en la Figura 8.

✓ Control de cosecha de ovas

La extracción de ovas fue realizada con una periodicidad de 7 días, capturando las tilapias hembra empleando una red de doble malla, de ½” y 1 mm en ese orden, se procedió a abrirle la boca e inyectar agua con una piseta para propiciar la liberación de los huevos o larvas en la segunda malla de 1 mm (Figura 9). Las ovas extraídas de la cavidad bucal de la hembra fueron colocadas en tinas de plástico, para su posterior limpieza y conteo.



Figura 9. Extracción de ovas de la cavidad bucal de la hembra.

✓ Incubación de ovas de Tilapia

Las ovas fueron extraídas de la cavidad bucal de la hembra y colocadas en pequeñas tinas de plástico; con un beaker lleno de agua se realizó la separación de residuos orgánicos para obtener la “masa” de huevos limpios. El número de ovas fecundadas fue estimado por el método volumétrico (Figura 10).

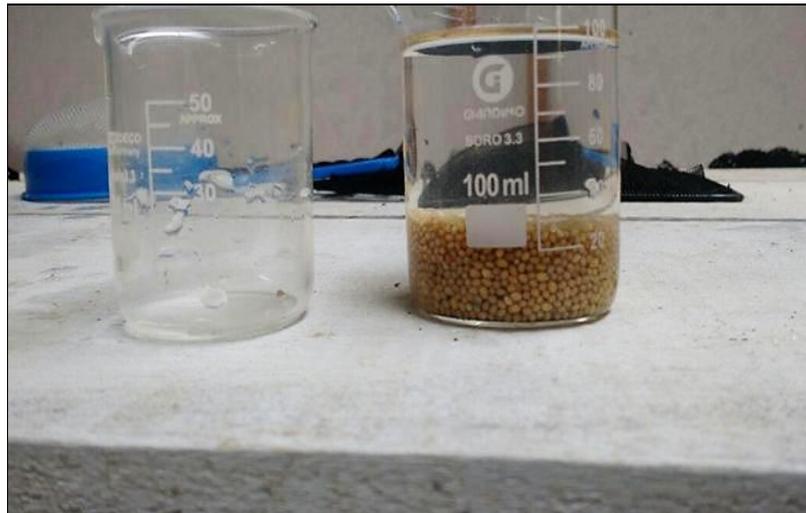


Figura 10. Cuantificación de las ovas de tilapia. Método volumétrico.

Procedimiento de conteo: en una probeta de 25ml añadimos 10ml de agua, se adicionaron las ovas fecundadas, el incremento de volumen en la probeta da como resultado el volumen ocupado por las ovas adicionadas. Seguidamente pasamos a contar las ovas por conteo directo, obteniendo como resultado de 3 conteos replicados de 100 unid/ml en promedio. Al terminar el conteo las ovas se trasladaron hacia a las incubadoras del tipo Mc Donald, para la incubación artificial (Figura 11).



Figura 11. Ovas de tilapia en las incubadoras.

En la fase de incubación artificial la supervivencia de las ovas fue determinada por distintos factores: temperatura, estrés (manejo), caudal, niveles de oxígeno, entre otros. Fukushima, (2016), señala en retirar las ovas fecundadas de la cavidad bucal y posterior incubación artificial, afecta negativamente a las ovas en estadios de

fertilización temprana. Por consiguiente, se realizó un correcto cuidado en el manejo de las ovas, desde su retiro de la cavidad bucal, y la posterior permanencia en el sistema de incubación; monitoreando constantemente los parámetros físico-químicos del agua y retiro de las ovas muertas de la incubadora artificial.

✓ Manejo de alevines y masculinización:

Se realizó en tanques de 1000 L instalados en el sistema RAS, por un periodo de 21 días. Los alevinos fueron alimentados con alimento balanceado conteniendo hormona andrógena para la masculinización (17 α -metil testosterona). Esta etapa es la proyección de la anterior, siguiendo la alimentación con hormona iniciada tres días después de la eclosión. La ración de alimento es Ad Libitum y con 8 raciones por día durante 21 días.

Al completarse cada batch de producción se procedió a determinar el porcentaje de machos. Se eligió el método de Squash de gónada (Guerrero III, 1974) para lo cual se toman individuos de 5 a 10 g, extrayéndoles las gónadas, se aplastan en el portaobjeto, se le tiñen con una gota de aceto-carmín, y se observa al microscopio.

✓ Control de parámetros de calidad de agua

Se registró la temperatura del agua en °C; el pH, oxígeno disuelto, nitritos, amonio en mg/l; en los tanques de reproducción y descanso, las mediciones se realizaban diariamente a las 10:00 h (Anexo 1). La temperatura del agua fue determinada empleando un termómetro de alcohol, el pH fue evaluado mediante el analizador digital Milwaukee, el oxígeno disuelto fue determinado mediante el Oxímetro digital Milwaukee, las concentraciones de nitrito y amonio se realizó mediante el Test Kit HI3824 HANNA.

✓ Elaboración de informes técnicos del Proyecto de “Implementación de un módulo de producción de alevines monosexo de tilapias (*Oreochromis niloticus*) con aplicación del sistema biofloc e incubación artificial, bajo condiciones de invernadero, en la región San Martín”

En los informes se presentaron la contribución de fortalecimiento de capacidades, y competencias para la innovación, basadas en lecciones aprendidas, y con las recomendaciones para mejorar la gestión de nuevos proyectos en el país. Se elaboró dos informes: “Paquete tecnológico para la producción de alevines de Tilapia

monosexo utilizando sistema biofloc y sistema de recirculación de agua RAS bajo condiciones de invernadero” y; “Protocolo de incubación de ovas y reversión de alevines de tilapia con una eficiencia de al menos 90%, con uso de tecnología RAS bajo condiciones controladas de invernadero”.

- ✓ Coordinación, supervisión de actividades de supervisión de capacitaciones brindadas centro de producción de alevines - Fundo Pucayacu

Se realizó dos capacitaciones y dos talleres de difusión de resultados, dirigido a profesionales del sector y egresados universitarios próximos a ejercer su profesión, los participantes recibieron información sobre las temáticas empleadas en el desarrollo del proyecto y sus logros a partir de la implementación de la innovación.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA PRESENTADA EN EL CENTRO DE CULTIVO - FUNDO PUCAYACU

A efectos de exponer la experiencia que se ha considerado para desarrollar el presente trabajo, se consideró dos aspectos que constituyeron “problema” o “dificultad tecnológica” con repercusión en el logro de los objetivos de la empresa:

- A. En el manejo de reproductores en la hatchery, se observó problemas de productividad asociados con particularidades reproductivas de la tilapia como:
 - Desoves asincrónicos de las hembras. Lo que se traduce en la disminución del potencial productivo del centro de producción y multiplica la necesidad de espacio por separado para los diferentes lotes.
 - Alta frecuencia al desove. A medida que se incrementa la frecuencia en los desoves, disminuye la producción de ovas por periodo.
- B. Efecto adverso por la variación de temperatura ambiental, evaluado en base al registro de temperaturas de media, máxima y mínima ambiental; sobre la producción de alevinos de tilapia, haciéndola variable y estacional en el tiempo.

4.4. CONTRIBUCIÓN EN LA SOLUCIÓN EN CADA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

- A. Como se mencionó el manejo de reproductores de tilapia se caracterizó por la baja producción de ovas en cada desove asociados a particularidades reproductivas de la especie. La cual conllevó a definir los parámetros productivos a nivel de desove en el centro de producción.

Para determinar los periodos adecuados de descanso y apareamiento, se implementó una serie de actividades dividido en 2 etapas. En la primera etapa se identificó y agrupó las reproductoras que efectivamente desovaban. En la segunda etapa las hembras ingresaron a un sistema de sincronización de desoves, con una fase reproductiva de 7 días y periodos de descanso de 14 días respectivamente. Como resultado, el proceso de sincronización no sólo mejoró la productividad de semilla del centro de producción, sino también tuvo como resultado alevines de un tamaño uniforme, en lotes programados.

- B. La implementación de un laboratorio cerrado, tipo invernadero, permiten contrarrestar los efectos adversos de la estacionalidad por cambios ambientales, amortiguando las variaciones bruscas de temperatura, en la producción de alevines monosexo de tilapia.

En la implementación del laboratorio, como primera acción se realizó coordinaciones necesarias para disponer del área para ejecutar el proyecto. Se determinó actividades de trámites y coordinaciones de abastecimiento de agua potable; fuente permanente de agua para la operación del proyecto “Quebrada Pucayacu”; acceso a la carretera Fernando Belaunde Terry, y fuente de energía eléctrica cercana.

La construcción de los invernaderos amortiguó las variaciones horarias de temperatura (en el día y la noche) como también las variaciones estacionales (época seca y época húmeda). El primer invernadero ocupó un área de 68m² que albergó a la batería de incubadoras y bandejas de recolección de alevines en un sistema de recirculación de agua exclusivo. Por consiguiente, la construcción del primer invernadero comprendió la instalación de 12 tanques circulares de 1200 L abastecidos por una bomba de 1Hp que bombea el agua hacia el tanque elevado de 1000 L de capacidad, que cumple la función de tanque regulador, después de pasar por 2 sedimentadores de placas y biofiltro.

4.5. ANÁLISIS DE LA CONTRIBUCIÓN, EN FUNCIÓN DE COMPETENCIAS Y HABILIDADES DURANTE SU FORMACIÓN PROFESIONAL

Con la finalidad de contar con datos sobre el microclima de la zona del proyecto Fundo – Pucayacu con coordenadas 6°33'25.78" S - 76°20'5.77"O, se realizó un estudio previo de variaciones anuales de temperatura con datos del punto de control SENAMHI más cercano a 2 km de distancia “El Porvenir”, distrito de Juan Guerra, provincia de San Martín, región San Martín. Para ello se evaluaron los últimos 5 años previos al inicio del proyecto (Tabla 1).

Tabla 1: Media Anual – máxima y mínima promedios - de Temperatura ambiental °C del 2010 - 2014

AÑO	MÁX °C	MÍN °C	PROMEDIO °C
2010	33.9	20.7	27.2
2011	36.4	17.0	26.8
2012	33.4	20.3	26.8
2013	33.9	20.6	27.2
2014	33.0	20.9	27.0

Fuente: Elaboración propia, datos extraídos de SENAMHI, 2016.

La evaluación de temperatura de los últimos 5 años evidenció los cambios bruscos de temperatura, que en general altera negativamente la reproducción de la Tilapia; (Schryver, 2008). En el año 2014 se registró una variación 6°C respecto a al promedio anual de 27°C, y mayor variación en el 2011 con 9.7°C de temperatura respecto media anual de 26.8 °C (Tabla 1).

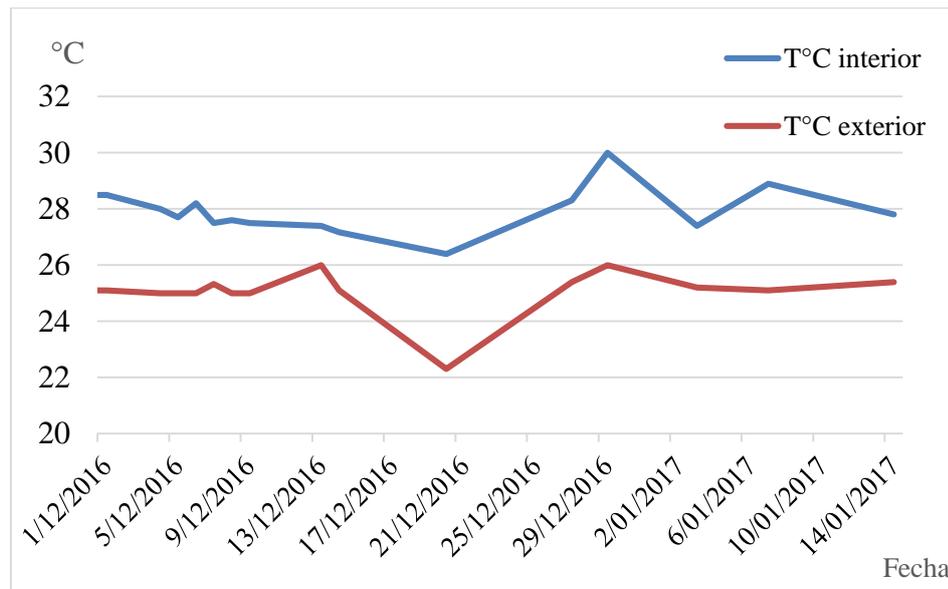


Figura 12. Temperatura promedio en °C del agua en el interior y exterior del invernadero.

La implementación de un laboratorio cerrado, tipo invernadero, permitió la regulación de condiciones térmicas ambientales al interior; la variación térmica se encontró entre 26° - 30°C (Figura 12), amortiguando las variaciones de temperaturas extremas de la estacionalidad por cambios ambientales (Tabla 1); brindando las condiciones adecuadas para la reproducción de *Oreochromis niloticus*.

Por otra parte, se exponen datos biométricos de la población de peces, dando cuenta de sus características. Los pesos del lote inicial de reproductores de tilapia (*Oreochromis niloticus*) fue evaluado antes de iniciar la primera fase de selección de hembras observándose diferencias significativas en la población adquirida (Tabla 2).

Tabla 2: Características del lote inicial de reproductores de tilapias.

	Talla (cm)	Peso (g)
Hembra		
Media	22	190
N	41	41
Desv St.	2.63	79.38
Mínimo	19.2	125
Máximo	29	450
Macho		
Media	22	215

	Talla (cm)	Peso (g)
N	19	19
Desv. St.	3.22	87.13
Mínimo	18.4	135
Máximo	30.5	460

En la evaluación de la relación de longitud y peso del lote inicial de reproductores por sexo, se observa las ecuaciones $Y=0.0815x^{2.5205}$ ($R^2=0.95$) en machos (Figura 13) y $Y=0.0366x^{2.7653}$ ($R^2=0.9093$) en hembras (Figura 13), arrojando un factor de condición 2.5 y 2.7, observándose diferencias significativas en cuanto a sexos.

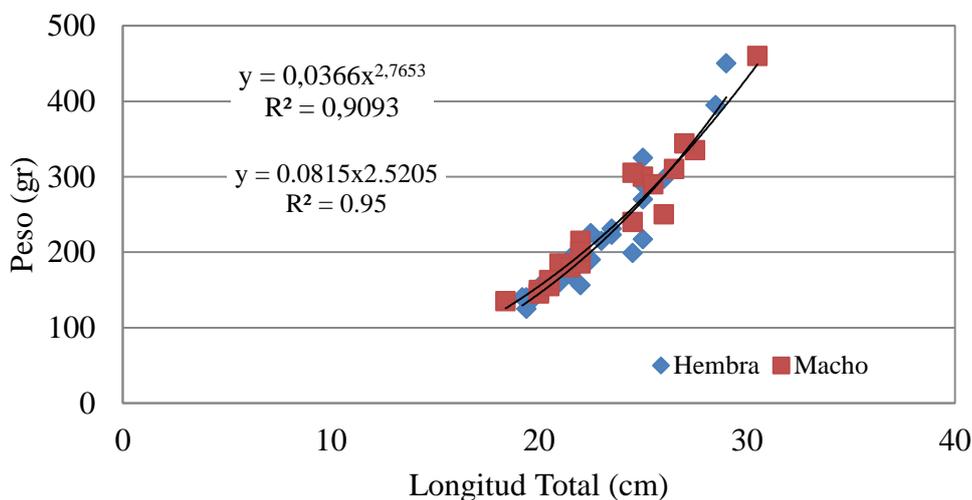


Figura 13. Relación del Peso (g) por longitud total (cm) del lote inicial (Hembra - Macho).

Se trabajó con 60 reproductores, identificándose 41 hembras y 19 machos como lote inicial para la ejecución de la primera etapa del proyecto. En el análisis de la relación de longitud y peso del lote de reproductores (macho y hembra) se observa las ecuaciones (Figura 13) $Y=0.0316x^{2.8424}$ ($R^2=0.9492$) se observa una diferencia de 0.2 en el factor de condición en lote seleccionado.

Respecto al factor de condición (pendiente) de peso y talla obtenido 2.5-2.7 (Figura 13) los reproductores se encuentran dentro del intervalo propuesto por Granado (1996) citado en Gómez (2010) valores de pendiente que oscila entre 2.5 y 3.5. Tave (1980) citado en Arango (2000); alude al crecimiento de *Oreochromis niloticus*, logra

mejorar a través de la selección de peso – longitud, puesto que la correlación entre estas variables es muy alta. Por consiguiente, el factor de condición al encontrarse dentro del intervalo, da confiabilidad a los resultados obtenidos en el presente estudio.

En la selección de reproductores para la segunda etapa; se consideró, solo las hembras que desovaron en el periodo inicial; el resto se descartó (Figura 7). La primera etapa tuvo como propósito la selección de hembras para producciones de ovas sucesivas de manera controlada. El segundo lote estuvo conformado por 25 reproductores: 20 hembras y 5 machos.

En el Tabla 3 se presenta los resultados de la segunda etapa del cultivo, programación de lotes (Figura 8).

Tabla 3: Segunda etapa de producción de ovas en lotes programados

<u>Primer Ciclo 03-12-2016</u>				<u>Segundo ciclo 24-12-2016</u>				<u>Tercer ciclo 14-01-2017</u>			
Hembra	g	número ovas	número ovas / g	Hembra	g	numero ovas	número ovas / g	Hembra	g	número ovas	número ovas / g
1	456	4200	9.21	1	213	750	3.52	1	215	2200	10.23
2	422	4000	9.48	2	297	750	2.53	2	283	3000	10.60
3	343	4000	11.66	3	387	4000	10.34	3	185	1842	9.96
4	441	4100	9.30	4	233	2530	10.86	4	261	2890	11.07
5	338	3500	10.36	5	322	3400	10.56	5	281	3000	10.68
6	299	3500	11.71	6	370	4100	11.08	6	323	3500	10.84
7	280	2890	10.32	7	287	2750	9.58	7	246	2140	8.70
8	300	3250	10.83	8	214	2070	9.67	8	316	6000	18.99
9	240	4500	18.75	9	264	4500	17.05	9	255	2750	10.78
10	540	4000	7.41	10	287	2700	9.41	10	374	3700	9.89
11	190	2000	10.53	11	250	2350	9.40				
12	510	6000	11.76	12	242	2640	10.91				
13	210	2000	9.52	13	468	1600	3.42				
14	270	6000	22.22	14	367	3770	10.27				

La segunda etapa del proyecto se dividió en tres ciclos productivos, con una duración de 7 días de reproducción y 14 días de descanso, con una proporción de machos y

hembras de 1:4, constante en los tres ciclos. En el Tabla 3 se evidencia un incremento en la cantidad de hembras con desove exitoso, observándose que en el tercer ciclo la cantidad de hembras que desovaron disminuye significativamente.

A diferencia de los dos primeros ciclos de reproducción, en el tercero se presentó disminución significativa en la cantidad de hembras que desovaron. En el primer y segundo ciclo reproductivo el pH se mantuvo en 6.8 – 6.9, encontrándose en rangos óptimos de 6.5 hasta 8.5 recomendados por Azim y Little (2008); caso contrario, en el tercer ciclo el pH se encontró en 5 (Anexo 1). Aunque no es concluyente, esta disminución significativa puede deberse, a las diferencias en los parámetros de calidad de agua en el tercer ciclo de reproducción. Asimismo, se requieren de estudios más profundos sobre los efectos colaterales de pH, en reproducción de *Oreochromis niloticus* en sistemas de biofloc.

Del lote de 25 reproductores, que presentó un porcentaje de éxito mayor al 50% en todos los ciclos, se obtuvo aproximadamente 60000 ovas extraídas en la segunda etapa. Se observó un máximo en el porcentaje de hembras desovadas de 85%, ocurrido en el primer ciclo productivo, la cual es superior a lo reportado por Onumah, (2010), 67.2% de hembras que desovaron.

El peso de las hembras osciló entre 190 g hasta 540 g. (Tabla 2) y los valores de número de ovas desde 1600 huevos hasta 6000 huevos por hembra (Tabla N°3). Los valores de número de ovas por gramo de hembra oscilaron entre 8.7 y 11.76 (Tabla 3) con un promedio de 10.2, valor relativamente superior a lo reportado por Rosagast (2008).

Las hembras con pesos que oscilan de 350 a 510 gramos de masa corporal contaron con un promedio de 9.5 huevos por gramo de hembra (Tabla 3). No obstante, las hembras con mayor índice de productividad al destete (número de ovas / g de hembra) se encuentran con un peso individual promedio de 266 ± 56 g, llegan a producir 2713 ± 571 huevos, mientras Onumah, (2010), reporta 1170 ± 316 como fecundidad promedio para una biomasa que oscila entre 250-350g de peso individual. Por consiguiente, se observa en los resultados que los reproductores con un peso promedio 266 ± 56 presentan mayor productividad en comparación con las hembras con pesos promedio de 430 ± 80 gramos de peso corporal.

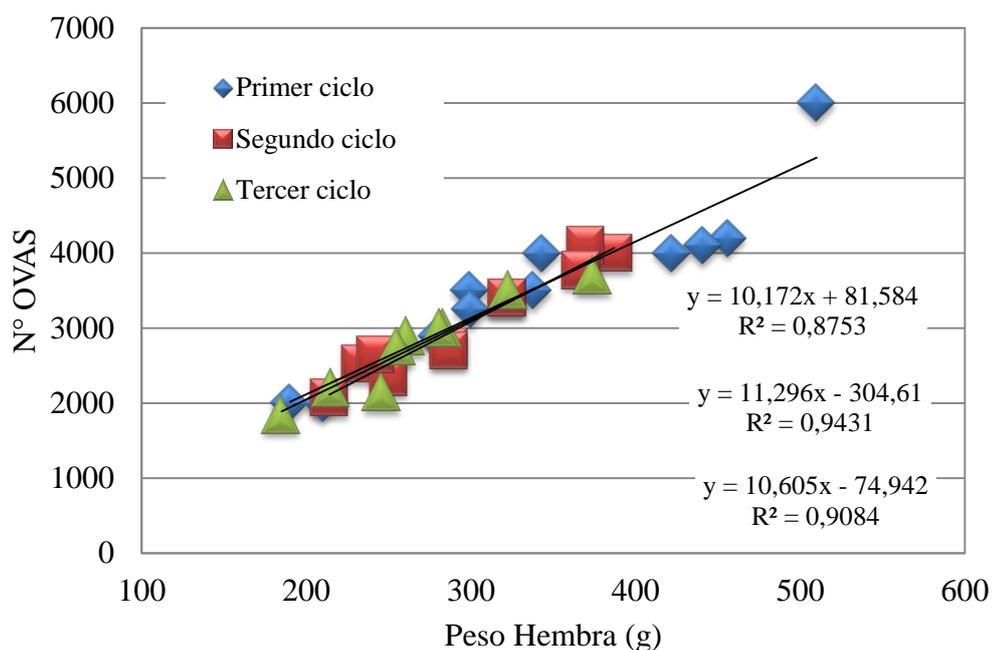


Figura 14. Producción de ovas en función del peso de la madre, para tres ciclos de apareamiento.

En la evaluación de la relación de producción de ovas en función del peso de la madre, se evidencia una relación que se ajusta a una ecuación lineal y con un R^2 cercano a 0.9 (Figura 14), en los tres ciclos. Lo cual refleja que, el número de ovas se incrementa linealmente en función al peso de la madre.

En la primera fase la fecundidad fluctúa ampliamente desde 0.6 hasta 9.11 huevos/gramo de hembra (Tabla 3); la producción por gramo de hembra es dependiente de la edad, el tamaño del cuerpo y el modo de incubación del huevo (Rosagast, 2008). En cambio, en la segunda fase la fecundidad fluctuó en 8.7 y 11.7 la cual se evidencia una mejora significativa; Hussain (2004) citado en Castillo (2011), describe que la fecundidad varía ampliamente desde unos pocos hasta varios miles, en algunas líneas el número de huevos decrece con la edad, del cual algunas hembras llegan a producir de 9 - 10 huevos/gramo corporal de la hembra. Por otro lado, Onumah, (2010), reporta una fecundidad relativa estimada de 4.0 ± 1.6 huevos/g de hembra. La suma, proyecto reportó rendimientos similares a las cifras más altas publicadas en el material bibliográfico que se encuentra disponible.

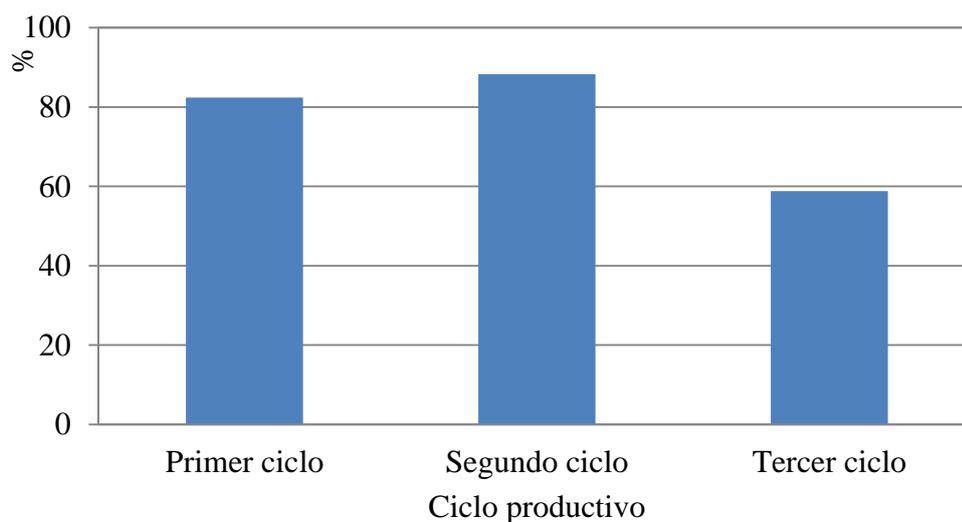


Figura 15. Relación del porcentaje de hembras desovadas por ciclos de producción.

El porcentaje de desove en relación con los ciclos productivos, se entiende como el porcentaje de éxito sobre la cantidad total de hembras que han desovado y mantienen sus crías (ovas o larvas), en incubación bucal, disponibles para su extracción o “destete”.

En la Figura 15 se analiza el porcentaje de hembras desovadas por ciclos de producción. En el cual se evidencia que en el segundo ciclo productivo hubo un incremento, aunque no significativo, en comparación del primer ciclo, 88% y 82% respectivamente (Tabla 3). Aunque también se evidencia una disminución significativa en el tercer ciclo, a 59% (Tabla 3) de desove.

En la Figura 16 se presenta el comportamiento del peso promedio de hembra y del número de ovas promedio producidas por hembra en los tres ciclos productivos. Se evidencia una disminución gradual en los pesos promedios de las hembras que desovaron, de un peso promedio de 344g en el primer ciclo, en el segundo ciclo un peso promedio de 298g, y en el tercer ciclo un peso promedio 269 g (Tabla 3).

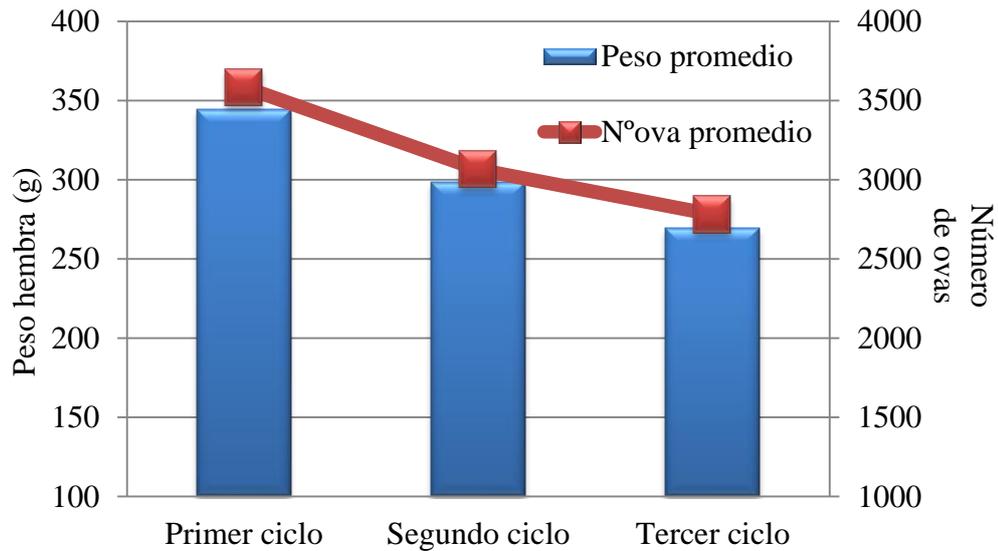


Figura 16. Comportamiento del peso promedio de reproductores hembra y el número de ovas promedio producidas por hembra, en los ciclos reproductivos.

De igual manera la disminución de número de ovas promedio producidas en los ciclos productivos, presentan una disminución gradual en primer, segundo y tercer ciclo productivo con número de ovas promedio de 3585, 3064 y 2780 respectivamente (Tabla 3).

Esta disminución en los pesos promedios se explica por el gasto energético durante la reproducción y la tasa de alimentación de 1% del peso corporal que al parecer no era la adecuada en el ciclo reproductivo. Lo cual indicaría que después de los estos ciclos productivos el reproductor se tendría que someter a un descanso más prolongado con una tasa de alimentación superior, para una buena recuperación.

El número de ovas por gramo de hembra se presenta en la Figura 17, donde se observa que el promedio del número de ovas por gramo de hembra en el primer, segundo y tercer ciclo son de 10.4, 10.3 y 10.6 respectivamente; observándose que estos valores se ven afectados por la cantidad de ciclos productivos a la cual son sometidas las reproductoras.

El número de ovas por gramo de hembra o Índice de Productividad al Destete (IPD); en el primer ciclo presenta mayor variabilidad en comparación a los dos ciclos siguientes.

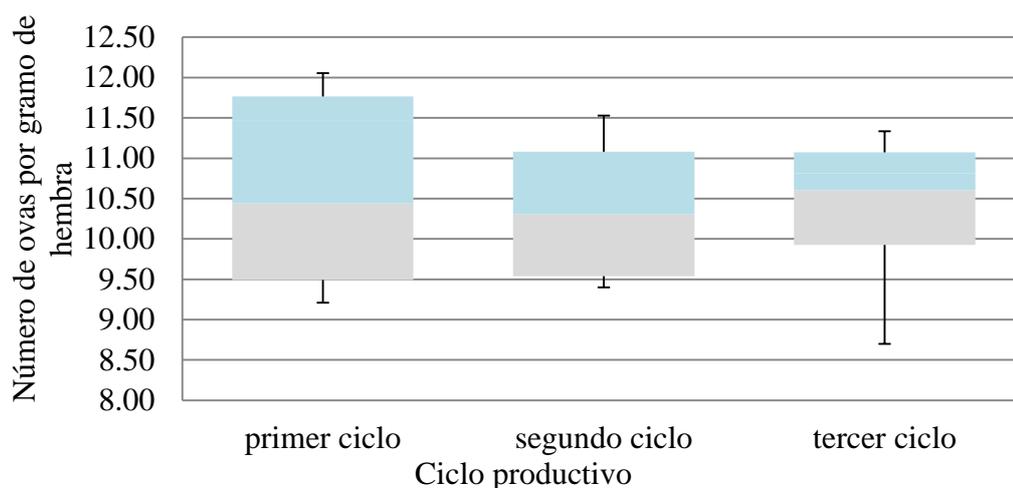


Figura 17. Relación de la producción de ovas (número de ovas por gramo de hembra), con el número de ciclos sucesivos.

La implementación del periodo de descanso en los tanques de reposo, no solo mejoró la productividad de la semilla, sino que también sincronizó la puesta, obteniendo un lote más uniforme y predecible. Baltazar (2007) recomienda que las hembras y los machos sean retirados del sistema de reproducción, manteniéndolos en tanques de reposo en una etapa de reacondicionamiento.

4.6. NIVEL DE BENEFICIO OBTENIDO POR EL CENTRO LABORAL DE LA CONTRIBUCIÓN REALIZADA A LA SOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS

A raíz de los trabajos ejecutados, la empresa desarrolló un procedimiento estructurado para la producción de alevinos de tilapias, todos machos, de manera continua y producciones programadas según capacidades de los tanques instalados, y la cantidad de reproductores disponibles.

El aplicar la tecnología de biofloc para el mantenimiento – durante el periodo de descanso – de los reproductores y la aplicación de los sistemas RAS para la incubación artificial y crianza de alevines, fue también una gran innovación en la región, y ha demostrado alcanzar los niveles de productividad más elevados que se reporta en las publicaciones científicas y superior a los resultados que se obtiene en

otras granjas de la zona. Todo ello ha permitido establecer a la empresa niveles superiores de rendimientos en la producción de alevines de tilapia en la región San Martín, y marca una posibilidad de mejorar la rentabilidad de esta actividad.

El empleo de los invernaderos permitió contrarrestar los efectos desfavorables de la variación de la temperatura horaria (horas de día / horas de noche) y aquella por efecto de las variaciones estacionarias (meses secos / meses húmedos). De modo que la temperatura media de cultivo (dentro del tanque) se mantiene en el rango ideal de temperatura (26 -30 °C) para la producción de alevines mono sexo.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las competencias y habilidades adquiridas durante la formación profesional de la Facultad de Pesquería de la Universidad Agraria La Molina, permitieron contribuir en el planeamiento y determinación de los parámetros de rendimiento en reproducción y crianza de alevinos hasta la talla de traslado a granja de engorde, en el contexto del proyecto ejecutado por la empresa.
- De acuerdo al análisis de parámetros de rendimiento reproductivo de las tilapias hembras, se obtuvo niveles similares a los valores reportados como óptimos en la producción tecnificada de alevinos de tilapia: 10 a 11 ovas por gramo de hembra, tasa de alimentación en reproductores 1%, tiempo de apareamiento 7 días y tiempo de reposo para recuperación 14 días.
- El éxito al realizar la selección gradual de reproductoras de tilapia, con pesos promedio de 300 gramos, y luego de realizar tres (03) apareamiento-puesta sucesivos, nos ha permitido alcanzar niveles productivos comparables a los valores óptimos reportados en publicaciones sobre parámetros de producción en el manejo, rendimientos reproductivos y funcionamiento del sistema de producción continua de alevinos machos monosexo.
- La incubación artificial de los huevos, es decir aplicando la técnica del destete, ha permitido regularizar los periodos y eventos sucesivos de puesta y descansos, observándose una producción ordenada y más predecible de ovas y larvas de tilapias.
- De acuerdo a lo aprendido en la formación profesional, el adecuado manejo de reproductores y una reproducción con procesos mejor controlados, permiten lograr mayores rendimientos en cantidad y en predictibilidad de la producción.

RECOMENDACIONES

A partir de los desarrollos realizados en un periodo de más de un año de trabajo, y considerando el impacto que se ha demostrado tener en la producción de semilla de tilapias, monosexo, se formulan las siguientes recomendaciones:

- Los buenos resultados en el trabajo expuesto, deberá llevarse a sucesivas replicas para confirmar los parámetros hallados, en un esquema de validación tecnológica, aplicando los criterios de investigación científica.
- Si bien la empresa GRUPO CREA posteriormente empleó una nueva línea genética de tilapias, el verdadero potencial de la metodología de trabajo descrita, debe practicarse con una línea genética de sangre renovada para apreciar las bondades de este sistema de manejo en su potencialidad verdadera, lo cual representaría un gran aporte a la acuicultura de la tilapia en el Perú.
- La ejecución del proyecto, tomó lugar en los meses de diciembre - 2016 hasta febrero 2017, en el cual en la región San Martín son temporadas de lluvia (invierno), donde las temperaturas son significativamente menores al promedio anual. Se recomienda evaluar la reproducción – en el sistema expuesto - en temporadas cálidas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Azim, M. & Little, D. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 283(1): 29-35. Recuperado de DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.06.036.

Arango, J.; Alvarez, L.; Muñoz, J. (2000). Selección masal por peso y talla de dos generaciones de Tilapia roja *Oreochromis spp.* *Acta Agronómica* Vol. 50 – No. ½ enero – junio de 2000. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/47923

Baltazar, P. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado y perspectivas. *Revista Peruana de Biología*, vol. 13. Núm. 3, 2007, pp. 267-273. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1950/195018597022.pdf>

Baltazar, P.; Cárcamo, J.; Maldonado, J. (2014). Plan de Negocio - Para la acuicultura industrial de la Tilapia en el Departamento de San Martín. Universidad ESAN. Ministerio de la Producción – PRODUCE. 100-101.

Bocioc, E. & Cristea, V. (2010). Water quality monitoring into a recirculating aquaculture system for intensive rearing of carp (*Cyprinus carpio*) juveniles fed with probiotics supplement. *Lucraristiintifice - Seria Zootehnie*. Universitatea de Stiinte Agricole si Medicina Veterinara Ion Ionescu de la Brad (Romania). Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MD2012100091>

Castillo, L. (2011). *Tilapia roja, una evolución de 29 años*. Editorial Academia Española. Recuperado de <https://www.iberlibro.com/buscar-libro/titulo/tilapia-roja-2011/>

De Schryver, P.; Crab, R. (2008). The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125–137. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848608000896>.

FAO, (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Una Mirada al Extensionismo Acuícola en América Latina y el Caribe, por Flores-Nava, A.;

A. Mena; D. Mendoza y A. Fuenzalida. Santiago de Chile, Chile. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6016s.pdf>.

Fukushima, M. (2016). Adaptación de nuevas tecnologías para implementación del módulo demostrativo en el cultivo de tilapia en La Libertad. Universidad Nacional de Trujillo. *Scientia Agropecuaria* vol.7 no.3 Trujillo jul./set. 2016

Gómez-Ponce, M.; Granados-Flores, K.; Padilla, C.; López-Hernandez, M. & Núñez-Nogueira, G.; (2010). Edad y crecimiento de híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae en la represa “Zimapán” Hidalgo, México. Recuperado de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000200018

Guerrero III, R. & Shelton, W. (1974). An- Aceto-Carmine Squash Method for Sexing Juvenile Fishes. *The Progressive Fish-Culturist* 36 (1): 56. Recuperado de [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1974\)36\[56:AASMFS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1974)36[56:AASMFS]2.0.CO;2).

Gunasekara, R.; Shim, K; Lam, T. (1995). Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 134:169-183. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004484869500028Z>

Jorand, F. (1995). Chemical and structural (2d) linkage between bacteria within activated-sludge flocs. *Water Res.* 29 (7), 1639–1647. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)00028-Z](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)00028-Z)

Little, D. (1989). An evaluation of strategies for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Alevines suitable for hormonal treatment. Ph.D. thesis, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland. Recuperado de doi: 10.1016/S0044-8486(99)00217-3

Onumah, E. (2010). Stocking Density and Photoperiod Manipulation in Relation to Estradiol Profile to Enhance Spawning Activity in Female Nile Tilapia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 10: 463-470.

Rosagast, R. (2008). *Tilapia Fish Farming – Practical Manual*”. Technical Information Compilation – Reference Manual 1st Edition 2008. Edu Solutions USA

Salama, M. (1996). Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Alevines, pp 90. *Aquaculture Research*. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1996.tb01290.x>

SENAMHI, (2014). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Descarga de datos Meteorológicos a nivel nacional. Punto de control El Porvenir, distrito de Juan Guerra, provincial de San Martín, región San Martín. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?&p=descarga-datos-hidrometeorologicos>.

Timmons, M. (2012). Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. Eds. G Parada Rebolledo y M HeviaWerkmeister. 2 ed. Santiago, CL. Fundación Chile. 747p.

Verástegui, A. (2017). Paquete tecnológico para la producción de alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) utilizando sistemas biofloc y de recirculación de agua, bajo condiciones de invernadero. Revista AGRUM. Edición N° 55. p. 2-6

Watson, C. (2006). Design criteria for recirculating, marine ornamental production systems. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 157-162. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144860905000774>.

ANEXOS

ANEXO 1. Parámetros de calidad de agua en tanques de reproducción y descanso, primera y segunda etapa de sincronización.

Fecha	Tanques Biofloc	NH ₃ /NH ₄ (mg/L)	NO ₂ mg/L	NO ₃ mg/L	O ₂ mg/L	T C°	Floc (ml/L)	pH
1er Etapa								
25/11/2016	Reproducción	0.25	1	50	7.1	28	3.5	7.5
	Descanso 1	0.25	0.75	50	7.5	28	3.4	7.7
	Descanso 2	0.25	0.5	50	7.1	28	3.7	7.8
1/12/2016	Reproducción	0.5	0.5	37.5	7.4	29	6	7
	Descanso1	0.5	0.5	50	7.2	28	5	7.2
	Descanso2	0.25	0.75	50	7.3	28	6	8
7/12/2016	Reproducción	0.75	0.5	70	6.8	29	7	7.2
	Descanso1	0.75	2	50	7	28	6	7.5
	Descanso2	0.2	1	90	5.5	26	5	7.8
14/12/2016	Reproducción	0.25	1	50	6.7	29	7	7.5
	Descanso1	0.1	2	50	7.5	28	5	7.5
	Descanso2	0.25	0.5	50	7.1	28	6	7.8
3/01/2017	Reproducción	1	3	90	6.7	27	5.5	6.9
	Descanso1	2	2	80	6.8	28	9	7.6
	Descanso2	1	2	80	6.8	29	5.5	7
24/01/2017	Reproducción	10	1	50	5	28	7	6.8
	Descanso1	0.5	0	35	6	28	6	6
	Descanso2	10	0	50	5	28	5	6
14/02/2017	Reproducción	5	0	50	5	27	8	5
	Descanso1	10	0	50	6	28	7	7
	Descanso2	10	4	50	5	28	5.5	6.8

ANEXO 2. Temperatura promedio en C° del agua en los tanques, interior y exterior del invernadero; primera y segunda etapa de sincronización.

Temperatura promedio C° del agua en el interior y exterior del invernadero

Fecha	T °C interior	T °C exterior
1/12/2016	28.5	25.1
3/07/2016	27.9	25.0
4/12/2016	28	25.0
5/12/2016	27.7	25.0
6/12/2016	28.2	25.0
7/12/2016	27.5	25.3
8/12/2016	27.6	25.0
9/12/2016	27.5	25.0
13/12/2016	27.4	26.0
14/12/2016	27.2	25.1
20/12/2016	26.4	22.3
27/12/2016	28.3	25.4
29/12/2016	30	26
3/01/2017	27.4	25.2
7/01/2017	28.9	25.1
14/01/2017	27.8	25.4

ANEXO 3. Zona del Proyecto – inspección inicial del terreno



Zona seleccionada para la instalación del invernadero y ejecución del proyecto. Véase postes de energía eléctrica al frente, pie de la carretera.

ANEXO 4. Vista panorámica de la zona del proyecto.



Vista panorámica de las construcciones, etapa 1. Comprende: Invernadero secundario (tanques de biofloc), invernadero principal (incubación y alevinaje), reservorio con geomembrana (izquierda), casa de administración y estanques de tierra para levante de alevines.

ANEXO 5. Tanques de cultivo de alevines



Instalación de Batería de 14 tanques de cultivo al interior del invernadero principal.
Funcionando con el sistema de recirculación para alevinaje.

ANEXO 6. Incubación artificial de alevines de Tilapia.



Vista de ovas ya eclosionadas. Los alevines en la bandeja inician el proceso de reabsorción del saco vitelino.

ANEXO 7. Sala de Máquinas.



Vista de los sedimentadores de placas, parte del sistema de recirculación de agua, retención de sólidos.

ANEXO 8. Estanques de tierra.



Estanques de tierra en operación. Utilizado para acondicionamiento de alevines, levante de alevines y adaptación a condiciones ambientales externas al invernadero.