

**- DOCUMENTO TÉCNICO FINAL OE2-**

**Evaluar técnicamente y económicamente el desempeño en policultivo superintensivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) y camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) bajo diferentes densidades de carga final esperada (kg/m<sup>3</sup>) usando la tecnología biofloc en la Estación Piscícola De Repelón.**

**CONTRATO N°000234 DE 2018**

Presentado por:

**FUNDACION FAUNA CARIBE COLOMBIANA**



Para:

**AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA – AUNAP-**



**Barranquilla, Diciembre de 2018**

## Contenido

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6  |
| 2   | OBJETIVOS .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 9  |
| 2.1 | Objetivo General.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 9  |
| 2.2 | Objetivos Específicos.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 9  |
| 3   | METODOLOGÍA.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 10 |
| 3.1 | Área de estudio.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 10 |
| 3.6 | Manejo del cultivo .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 11 |
| 4   | RESULTADOS.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 14 |
| 4.1 | Obligación 1: Implementar supervisar el acondicionamiento del área de las unidades experimentales. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 14 |
|     | 19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
| 4.2 | Obligación 2: Implementar y poner en operación unidades experimentales para la evaluación del Policultivo intensivo de la tilapia roja ( <i>Oreochromis sp</i> ) y Camarón blanco ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ), usando la tecnología de biofloc, con tres cargas finales proyectadas de 20 kg de tilapia/m <sup>3</sup> y 6 kg de camarones/ m <sup>3</sup> ; 20 kg de tilapia/ m <sup>3</sup> ; y 4 kg de camarones / m <sup>3</sup> y 20 kg de tilapia/ m <sup>3</sup> , y 2 kg de camarones /m <sup>3</sup> . 20 |    |
| 4.3 | Obligación 3: Realizar muestreos quincenales para la colecta de información parámetros biológicos, longitud total y estándar (cm), peso de los tratamientos evaluados; Procesar y analizar la información obtenida de parámetros técnicos (ganancia en peso (Gp), ganancia en longitud (Gl), tasa específica de crecimiento (G), sobrevivencia (S) de los tratamientos evaluados.....                                                                                                                                  | 26 |
| 4.4 | Obligación 4 y 5: Procesar y analizar la información obtenida de parámetros técnicos (ganancia en peso (Gp), ganancia en longitud (Gl), tasa específica de crecimiento (G), sobrevivencia (S) de los tratamientos evaluados. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 42 |
| 5   | DISCUSIÓN .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 50 |
| 6   | CONCLUSION .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 55 |
| 7   | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 57 |

## RESUMEN EJECUTIVO

En el cuadro actual de la camaricultura, relatos y evidencias de problemas relacionados con las pérdidas de producción resultantes de la incidencia de enfermedades víricas y bacterianos son frecuentes. Además, la oscilación de los precios en los mercados, local e internacional y la devaluación del Dólar ocasiona la caída ingresos, comprometiendo la viabilidad económica de los monocultivos. Para la reversión de este cuadro, el policultivo con especies de peces no carnívoros y de valor comercial, puede hacer una alternativa importante. El objetivo de este trabajo fue estudiar las densidades de siembra de 100, 200 y 300 camarones/m<sup>3</sup> para el manejo de policultivo con 50 tilapias/m<sup>3</sup> en biofloc (BFT), evaluar técnica y económicamente el desempeño de los parámetros de rendimiento zootécnico y los parámetros de rendimiento calidad del agua. En el presente estudio, los parámetros de calidad de agua del cultivo estuvieron dentro de los límites aceptables para el crecimiento y la supervivencia de los camarones y la tilapia roja. Con relación a los camarones la ganancia de peso semanal hasta la cuarta semana de cultivo fue promedio de 0.2 g y la sobrevivencia en todos los tratamientos de 0.0%. En cuanto la tilapia presento un peso final para el T1: 62,05±0,77, T2: 64,15±0,919 y T3: 66,0±0,707, biomasa final promedio de 3.1 kg/m<sup>3</sup> y factor de conversión alimentar de valor promedio de 1.4. Debido a la mortalidad de los camarones ocasionada por parte de las tilapias, los resultados indicaron que el policultivo de dos especies en estos sistemas no se puede consolidar como una alternativa de diversificar las producciones y crear alternativas de ingresos, en sustitución del monocultivo semi-intensivos dominantes, especialmente en aquellas unidades convencionales tradicionales (estanques en tierra).

CUADRO RESUMEN DE LOS AVANCES:

| Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Actividad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Medio de verificación |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Obligación 1. Implementar y Supervisar el acondicionamiento del área de las unidades experimentales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Verificación del estado de las unidades experimentales y del funcionamiento de los equipos necesarios para la realización de los procesos experimentales                                                                                                                                                                                                                            | Fotografía            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Supervisar las adecuaciones, reparaciones y/o mantenimientos necesarios para el normal funcionamiento de las unidades experimentales y de los equipos                                                                                                                                                                                                                               | Fotografía            |
| Obligación 2. Implementar y poner en operación unidades experimentales para la evaluación del Policultivo intensivo de la tilapia roja ( <i>Oreochromis sp</i> ) y Camarón blanco ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ), usando la tecnología de biofloc, con tres cargas finales proyectadas de 20 kg de tilapia/m <sup>3</sup> y 6 kg de camarones/m <sup>3</sup> ; 20 kg de tilapia/m <sup>3</sup> y 4 kg de camarones / m <sup>3</sup> y 20 kg de tilapia/m <sup>3</sup> y 2 kg de camarones / m <sup>3</sup> . | Implementación de módulos de investigación por medio de la activación de biofloc en las unidades experimentales (tanques circulares)                                                                                                                                                                                                                                                | Fotografía            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Adquisición y aclimatación de alevinos de los alevinos de tilapia roja.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Fotografía            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Adquisición y aclimatación de postlarvas de camarón blanco a la dureza establecida en el proyecto.                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Fotografía            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Realización de experimento con la siembra de los alevinos y postlarvas según la metodología establecida en el proyecto.                                                                                                                                                                                                                                                             | Fotografía            |
| Obligación 3. Realizar muestreos quincenales para la colecta información parámetros biológicos, longitud total y estándar (cm), peso de los tratamientos evaluados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Seguimiento técnico en los muestreos biométrico para determinar el desempeño zootécnico de tilapia roja y camarón blanco en sistemas de biofloc, monitoreo en cada unidad experimental de la calidad del biofloc, midiendo parámetros como: temperatura, oxígeno disuelto, pH alcalinidad dos veces/día y de amonio, nitrito y nitrato, dureza y alcalinidad dos veces a la semana. | Fotografía, Tabla     |
| Obligación 4. Procesar y analizar la información obtenida de parámetros técnicos (ganancia en peso (Gp), ganancia en longitud (Gl), tasa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Recopilación de información y tabulación de los datos de los muestreos biométricos para determinar el desempeño zootécnico de los animales.                                                                                                                                                                                                                                         | Tablas                |

| Objetivo                                                                                                                                         | Actividad                                                                                                                                                               | Medio de verificación |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| específica de crecimiento (G), sobrevivencia (S) de los tratamientos evaluados.                                                                  | Recopilación de la información y tabulación de los datos de la calidad del agua de las unidades experimentales                                                          |                       |
|                                                                                                                                                  | Análisis de datos a través de estadística paramétrica desde la prueba de comparación de medias mediante ANOVA.                                                          |                       |
| Obligación 5. Procesar y analizar la información de parámetros económicos (costos, costo/unidad, costo/beneficio) de los tratamientos evaluados. | Recopilación tabulación y análisis de la información para determinar los costos por unidad de producción (\$/kg)                                                        | Tabla                 |
| Obligación 6. Preparar y entregar un documento técnico final con los resultados, análisis y recomendaciones                                      | Organizar los resultados de las variables analizadas en los tratamientos evaluados (Desempeño zootécnico, parámetros fisicoquímicos y costos por unidad de producción). | Documento técnico     |
|                                                                                                                                                  | Organización de tablas, y realización de gráficas y figuras para elaboración del informe final.                                                                         |                       |
|                                                                                                                                                  | Presentación del informe final.                                                                                                                                         |                       |

## 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente, la acuicultura busca adoptar prácticas de manejo en a fin de reducir los daños al medio ambiente. Dentro de estas alternativas están la reducción en la tasa de renovación de agua; el uso controlado de ración balanceada para evitar sobras; control riguroso de la utilización de abonos en los estanques para evitar el exceso de fertilizantes; siembra de animales con densidades moderadas y compatible con la capacidad de carga del ambiente; el uso de técnicas de manejo que aumenten la producción sin costo ambiental y; la práctica del policultivo para aprovechar mejor el espacio de los estanques, sin comprometer las condiciones ambientales (Valenti, 2002).

El policultivo se basa en un sistema integrado de producción, en el que dos o más especies acuáticas son producidas en el mismo lugar. Este es realizado principalmente para aumentar la producción del cultivo, a través de la utilización más eficiente de los recursos ecológicos disponibles (Silva et al., 2006), como las fuentes alimenticias y el espacio de cultivo. Asimismo, el sistema optimiza el uso de las instalaciones del cultivo y de la mano de obra, ampliando la sustentabilidad ambiental y económica.

En estos sistemas de cultivo, se recomienda la utilización de especies que presenten niveles tróficos diferentes (omnívoros, herbívoros, detritívoros e iliófago), bien como utilicen diferentes nichos. La facilidad que esas especies tienen en adaptarse a la alimentación (alimento natural o artificial) puede disminuir el riesgo de la contaminación de los cuerpos de aguas naturales (Vinatea, 1999). Debido a que los residuos generados por una especie pueden ser aprovechados por otra, aumentando el crecimiento de los animales y la eficiencia del sistema. Se cree que estos, comúnmente presenta una mayor producción que los sistemas de monocultivo extensivo y semi-intensivo (Jhingran, 1982; Lin, 1982) y es considerado más ecológicamente racional que el monocultivo (Mackay y Lodge, 1983), tras la reducción en la acumulación de desechos metabólicos en el agua. Según SILVA et al. (1987), describe que estos sistemas ha sido una de las técnicas más empleadas en el aumento de la productividad de la piscicultura, siendo económicamente rentable con mayor variedad del producto.

La actividad de cultivos mixtos ha sido desarrollada en diversas regiones del mundo (Rahman, *et al.*, 2008b; Cruz, *et al.*, 2008; Kritsanapuntu, *et al.*, 2008), siendo la práctica de camarones con peces las más relevante, ya que viene siendo recomendada desde a mediados de los años 60, por Ling (1969) con especies de agua dulce como el camarón de la Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*) con carpas (Malecha *et al.*, 1981, Schwantes *et al.*, 2009), con “catfish” *Ictalurus punctatus* (D’Abramo *et al.*, 1986) y con tilapias (Cohen y Ra’anan, 1983).

En el oriente llegan a ser cultivadas hasta 5-8 especies diferentes, sin embargo no todos los experimentos presentan resultados satisfactorios. Normalmente los policultivos realizados con especies de rápido crecimiento, como carpas y tilapias, y con buena aceptación en el mercado son los que presentan mayor popularidad en Bangladesh (Rahman *et al.*, 2008a). En países como México y Estados Unidos este sistema ya está bastante desarrollado (Contreas *et al.*, 2003), ya que algunas investigaciones han demostrado la viabilidad técnica y económica en el sistema con camarones de agua dulce y tilapias (García-Pérez *et al.*, 2000; Tidwell *et al.*, 2000).

Partiendo de estas premisas y considerando que la tilapia y el camarón blanco (*Litopenaeus vanammei*), presentan un amplio rango de tolerancia a la salinidad del agua del cultivo, algunas investigaciones y productores en Colombia han implementado el policultivo de estas dos especies, como forma de revitalización de la acuicultura en el país. Este hecho junto con la demanda creciente por el camarón cultivado ha permitido desarrollar esta técnica principalmente en áreas distantes al mar, por tanto, la opción como policultivo en regiones donde el agua marina es limitante es una alternativa de renta al productor.

Sin embargo, las prácticas de investigación y cultivo se basan principalmente en sistemas extensivos y semi-intensivos. Se han realizado pocos intentos de policultivo de camarón y tilapia a un nivel de intensidad comparable al del monocultivo intensivo moderno. Es por ello, que existe la necesidad de desarrollar el policultivo en sistemas de tecnología intensiva como el biofloc, en aras de aumentar la capacidad de asimilación de residuos, para transferir el exceso de nutrientes en productos acuáticos cosechables y evitar la descarga incontrolada de efluentes.

La técnica de cultivo de Biofloc (BFT), fue desarrollada para resolver los problemas de calidad de agua, basados en el desarrollo y control de bacterias heterotróficas en los sistemas de cultivo, lo que permite la formación de biofloc (bioflóculos); los cuales

contienen bacterias, protozoos, zooplancton y otros microorganismos. Los bioflocs, combinan la remoción de los nutrientes del agua con la producción de biomasa microbiana, que puede ser usada in situ para el cultivo de especies que pueden servir de alimento, reduciendo costos y problemas ambientales, además la tecnología de biofloc tiene otra ventaja que es de suma importancia, y es el hecho que disminuye el uso del agua en el cultivo pues solo se reemplaza la que se pierde por evaporación y una pequeña parte en una purga que se le realiza al estanque periódicamente, esto se da gracias a que los microorganismos controlan los compuestos nitrogenados en el sistema (Avnimelech, 2006; 2007)

En este contexto, la posibilidad de creación de tilapia roja y camarón blanco en sistema heterotrófico, donde existe la presencia de una fuente suplementaria de alimento (biofloc), puede ser una alternativa para optimizar la producción en cautiverio, mejorar la calidad del agua, reducir las descargas de los efluentes, y la introducción de enfermedades, además de esto, la tilapia roja en policultivo con el camarón pueden promover el mejor aprovechamiento del alimento concentrado, de los espacios disponibles y aumentar la productividad. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar técnicamente y económicamente el Policultivo Súper-intensivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) y Camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), bajo diferentes capacidades de carga final esperada (kg/m<sup>3</sup>), usando la tecnología Biofloc en la Estación Piscícola de Repelón-Atlántico.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Evaluar técnicamente y económicamente el desempeño en policultivo superintensivo de Tilapia roja (*Oreochromis sp*) y Camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) bajo diferentes densidades de carga final esperada ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) usando la tecnología biofloc en la Estación Piscícola de Repelón.

### 2.2 Objetivos Específicos

Implementar y Supervisar el acondicionamiento del área de las unidades experimentales.

Implementar y poner en operación unidades experimentales para la evaluación del Policultivo Superintensivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) y Camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), usando la tecnología de biofloc, con tres cargas finales esperadas de 20 kg de tilapia/ $\text{m}^3$  y 6 kg de camarones/ $\text{m}^3$ ; 20 kg de tilapia/ $\text{m}^3$  y 4 kg de camarones /  $\text{m}^3$  y 20 kg de tilapia/ $\text{m}^3$  y 2 kg de camarones /  $\text{m}^3$ .

Realizar muestreos quincenales para colecta Información parámetros biológicos, longitud total y estándar (cm), peso de los tratamientos evaluados.

Procesar y analizar la información obtenida de parámetros técnicos (ganancia en peso (Gp), ganancia en longitud (Gl), tasa específica de crecimiento (G), sobrevivencia (S) de los tratamientos evaluados.

Procesar y analizar la información de parámetros económicos (costos, costo/unidad, costo/beneficio) de los tratamientos evaluados.

### 3 METODOLOGÍA

#### 3.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la estación piscícola de la Bajo Magdalena de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP, ubicada en el área rural del Municipio de Repelón en inmediaciones del embalse del Guájaro, a una distancia de 71 Km. de la ciudad de Cartagena y a 81 Km. de la ciudad de Barranquilla-Atlántico.

El centro piscícola está ubicado en las coordenadas 10° 29' 46" de latitud Norte y 75° 07' 52" de longitud Oeste con respecto al meridiano de Greenwich, a 10 msnm, con una temperatura promedio anual de 32 °C, temperatura máxima absoluta de 41 °C y mínima de 20 °C, la precipitación promedio anual es de 871 mm (IGAC, 1996).

#### 3.2. Tipo de estudio

Se realizó un estudio de tipo experimental con el fin de evaluar las proporciones de siembra para el manejo y producción de un policultivo superintensivo de Tilapia roja (*Oreochromis sp*) y Camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) bajo diferentes densidades de carga final esperada (kg/m<sup>3</sup>) usando la tecnología biofloc en la Estación Piscícola de Repelón.

#### 3.3 Unidades experimentales

Los tratamientos fueron evaluados en 6 tanques de geomembrana con capacidad de 35 toneladas y volumen útil de 30 toneladas, cada uno, equipados con unidades de aireación circular (parrillas con manguera difusora) conectadas a dos Blower de 2,5 y 1,5 Hp para el suministro de aireación constante y recubiertas con malla polisombra mayor al 50% para reducir la entrada de la luz que podría inferir en el desarrollo del sistema.

Previamente a la utilización de las unidades experimentales se hizo necesario la realización de las respectivas adecuaciones y/o reparaciones de infraestructura tales como readecuación del techo en polisombra, mantenimiento del sistema de aireación (parrillas de aireación, mantenimiento de blowers y tubería de conducción de aire) y del drenaje del agua de las unidades, entre otras actividades de interés para la ejecución normal del proyecto.

### **3.4 Material biológico.**

Se utilizaron juveniles de Tilapia roja procedente de la Estación Piscícola del bajo Magdalena y Camarón marino procedente de la empresa Océanos S.A, en el cual, para este último fue realizado el respectivo proceso de aclimatación desde agua marina a agua dulce de la Estación Piscícola de Repelón de la AUNAP.

### **3.5 Tratamientos a evaluar.**

Se evaluaron tres tratamientos con dos réplicas cada uno, estableciéndose un diseño completamente al azar con una sola vía, para un total de 6 unidades experimentales, evaluando una capacidad de carga final esperada para los peces y tres para los camarones: Tratamiento número 1 (T1): capacidad de carga final esperada 20 kg de tilapia/m<sup>3</sup> y 6 kg de cama/m<sup>3</sup>; Tratamiento número 2 (T2): capacidad de carga final esperada 20 kg de tilapia/m<sup>3</sup> y 4 y kg de cam/m<sup>3</sup> y; Tratamiento número 3 (T3): capacidad de carga final esperada 20 kg de tilapia/m<sup>3</sup> y 2 kg de cam / m<sup>3</sup>.

### **3.6 Manejo del cultivo**

#### **3.6.1 Preparación del sistema de cultivo biofloc**

Para la preparación del Biofloc se acondiciono un tanque de 1 m<sup>3</sup> con agua filtrada, insumos y aireación constante. Para la producción inicial de floc, se tuvo en cuenta los rangos en cuanto a parámetros de calidad de agua según Lango, (2012).

Seguido a la medición inicial de la calidad del agua, se adiciono Cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>CL), en relación de 1g/100L de agua y melaza en relación 3g/150L de agua, con el fin de conformar el medio de crecimiento para las bacterias nitrificantes (BN) y demás organismos que conforman los flocs. Como sustrato adicional para los flocs, se adiciono harina de trigo razón de 5g/100L y a fin de ayudar a la proliferación de bacterias se utilizó el biorremediador Bioking en una concentración de 3,5 mg/ 1000 L. Debido a que las concentraciones de alcalinidad y dureza del agua de la estación, estaba según lo establecido por Lango (2012), no se hizo necesaria la aplicación de Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) en el agua.

La maduración de los floc fue indicada por los parámetros de calidad de agua, en especial por la dinámica de los compuestos nitrogenados, en la cual se esperaría

hasta que el amonio disminuye y aumenta el nitrito ( $\text{NO}_2$ ), posteriormente esta baja y comienza a subir el nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Durante el proceso de maduración del floc se realizó la medición de los parámetros de calidad de agua diariamente (Kubitza, 2011).

Cuando amonio y nitrito presentaron valores cercanos a cero, el cultivo de bacterias nitrificantes estaba activo y listo para inocularse a las unidades experimentales. Se realizó la inoculación de biofloc a los tanques de ensayo con sus respectivas replicas en relación de 100 L/tanque de cultivo.

### **3.7 Siembra de los animales**

Luego del montaje y estabilización de los inóculos de floc en las unidades de cultivo, se procedió a realizar la siembra de postlarvas de camarones y tilapias de acuerdo con el tratamiento de densidades correspondiente, con previa aclimatación a las condiciones de temperatura del agua.

Se realizó un muestro inicial de cultivo tomando al azar los animales en promedio de la muestra total y realizando mediciones de longitud total (Lt) y peso (g). A partir de este muestro inicial se establecieron biometrías quincenales para tilapia roja y cada 8 días para el camarón, organizando y digitalizando estos datos para los análisis estadísticos requeridos y evaluación del desempeño zootécnico del policultivo.

### **3.8 Alimentación.**

Durante los días de cultivo los animales fueron alimentados en la fase inicial con alimento concentrado de 38%PB para tilapia y camarón con Nicovita 35%PB; pasados 45 días con concentrado comercial de 32% PB para tilapia. El ajuste de la dieta para cada especie se realizó de acuerdo al peso promedio obtenido durante los muestreos.

### **3.9 Calidad de agua**

Para el monitoreo y evaluación de la calidad del agua, se tomaron registros diarios del oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, pH y temperatura, con la ayuda de Oxímetro (YSI550A, USA) y pH metro (YSI pH100, USA). Los parámetros de amonio, nitrito y nitrato se determinaron por medio de fotómetro (Fotómetro YSI9300), medidos cada 3 días y semanalmente dureza y alcalinidad. Todos los datos fueron organizados en tablas de registros y en matrices en Excel, para su posterior análisis

y respectivas correcciones mediante la aplicación de sal marina, cal hidratada, melaza de caña y bicarbonato de sodio.

### **3.10 Monitoreo de volumen del floc.**

Para mantener en óptimas condiciones el funcionamiento del sistema es necesario el control de la cantidad de sólidos disueltos suspendidos en la columna de agua. Por lo que fue realizado un monitoreo día por medio del volumen del floc en cada una de las unidades experimentales. Esta actividad consistió en tomar un litro de agua de cada tanque y depositarlo en un cono *imhoff*, esperando de 15 a 20 minutos a que se decantaran todos los sólidos presentes en dicho volumen y poder realizar la respectiva lectura. Estas lecturas sirvieron como indicativo del grado de colmatación del fondo de los tanques, por lo que se toman como criterio para realizar, si es necesario, un recambio mínimo de agua.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Obligación 1: Implementar supervisar el acondicionamiento del área de las unidades experimentales.

Después de realizar una inspección detallada de toda la infraestructura necesaria para la ejecución de las actividades de investigación se realizaron las siguientes reparaciones y/o adecuaciones en el proyecto:

**4.1.1 Estructura de unidades experimentales:** debido al mal estado de la estructura en madera que sostenía el techo en polisombra, se procedió al desmontaje total de la misma (Fig.1). Todo esto para poder dar inicio a la ubicación de nuevos listones, previamente curados con pintura negra epóxica y ayudar así a prolongar la vida útil de los mismos, específicamente en aquellos que tenían contacto directo con el sustrato húmedo (Fig.2).

Posteriormente, se procedió a trazar líneas de alambres galvanizados en forma de X en cada uno de los listones, en aras de facilitar el soporte a la malla polisombra y así evitar la pérdida de ésta, durante las fuertes lluvias y vientos presentes en la zona, específicamente en esta época del año en que se está ejecutando el proyecto (Fig. 3).

Una vez ubicadas las arandelas necesarias para la estructura del techo, se tomaron las medidas correspondientes de todo el perímetro a cubrir y seguidamente realizada las respectivas instalaciones de la malla en polisombra en toda el área experimental del proyecto (Fig.4 y 5).



Figura 1. Estado del módulo experimental en la estación piscícola de Repelón, previo a las respectivas adecuaciones.



Figura 2. Organización de estructuras en madera para el sostenimiento del techo en polisombra del proyecto



Figura 3. Ubicación de alambre galvanizado para soporte de malla polisombra.



Figura 4. Instalación de la malla polisombra en el área de investigación del policultivo de tilapia roja y camarón blanco en la Estación Piscícola de Repelón.



Figura 5. Culminación de adecuaciones de unidades experimentales necesarias para la investigación.

**4.1.2 Sistemas de aireación:** paralelamente a la adecuación de la infraestructura del techo en polisombra, se reorganizaron las parrillas de aireación en mal estado, con nuevas polidifusoras, racores y reconexiones a tubos de PVC RDR 21 y, una vez terminadas fueron destruidas a cada unidad experimental que conforma el sistema (Fig. 6).

Con relación a los equipos de aireación, fue realizada la reconexión eléctrica del blower 2,5 hp y, para los de 1,5 hp se dio avance en los respectivos mantenimientos relacionados con acabados de pinturas y el cambio de diferentes piezas necesarias para auxiliar al arranque de estos (Fig.7).

La finalidad de cada de uno de estos mantenimientos, era tener a conformidad el funcionamiento normal de todo el sistema.



Figura 6. Adecuación de parrilla de aireación en mal estado con nuevos accesorios requeridos.



Figura 7. Instalación de los blowers para la distribución de aire en cada unidad experimental y funcionamiento normal del sistema de aireación.

**4.1.3 Sistema de drenaje:** la adecuación de tubería de drenaje es necesaria para mantener el nivel requerido de los tanques y para realizar espiches o recambios de agua cuando sea necesario, es por ello que fue necesario realizar cambios en algunos tanques de tubería en PVC sanitaria y de llaves de pasos, para así dar por terminada la adecuación del drenaje de las unidades experimentales que se encontraban en deterioro (Fig. 6).

Una vez finalizada las respectivas adecuaciones, el sistema fue sometido a pruebas de llenado, difusión continua de aireación en un ciclo 24 horas, vaciado y lavado, presentando hoy en conjunto y como indicador de logro, la adecuación del módulo experimental piloto para la producción súper intensiva de tilapia y camarón blanco en sistema Biofloc, como actividad. Esta obligación se cumplió en un 100% de ejecución.



Figura 6. Adecuación del sistema de drenaje de las unidades experimentales que requerían mantenimiento.

**4.2 Obligación 2: Implementar y poner en operación unidades experimentales para la evaluación del Policultivo intensivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) y Camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), usando la tecnología de biofloc, con tres cargas finales proyectadas de 20 kg de tilapia/m<sup>3</sup> y 6 kg de camarones/ m<sup>3</sup>; 20 kg de tilapia/ m<sup>3</sup>; y 4 kg de camarones / m<sup>3</sup> y 20 kg de tilapia/ m<sup>3</sup>, y 2 kg de camarones /m<sup>3</sup>.**

**4.2.1. Adquisición y aclimatación de postlarvas de camarón blanco a la dureza establecida en el proyecto.**

Las postlarvas (PL) 12 de *L. vannamei* utilizadas en el presente estudio fueron provenientes de la empresa Oceanos S.A. localizado en el municipio de Tolú del departamento de Sucre, en el cual fueron transporta hasta la Estación piscícola de repelón de la AUNAP vía terrestre en bolsas plásticas previamente oxigenadas en salinidad de 15 ppm

Una vez en el lugar de aclimatación se tomaron los parámetros físicos del agua de las bolsas de transporte y fueron depositadas durante 3 días en un tanque de 300 L con aireación continua y posteriormente estocadas en un tanque de fibra de vidrio de 7.000 L.

La reducción de salinidad de los camarones se obtuvo por la sustitución de volúmenes adecuados de la unidad de aclimatación por el agua dulce (0,5 ppm) proveniente del embalse del Guájaro durante 8 días consecutivos. En el cual diariamente se registraron valores de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH en dichas unidades hasta completar el periodo de aclimatación (Fig.7).

Una vez los camarones fueron aclimatados al agua de la estación fueron transportadas hasta el módulo piloto para realizar las respectivas siembras en el sistema de Biofloc.



#### **4.2.2. Implementación de módulos de investigación por medio de la activación del biofloc.**

Con ayuda del sistema de aireación instalado, se suministró oxígeno atmosférico al tanque de inóculo, llevando a niveles de saturación y oxígeno disuelto previo a la inoculación cercanos al 100% y 6mg/L. Para esto se contó con ayuda de un Oxímetro YSI550A (USA) con el fin de llevar un riguroso monitoreo, registro y control sobre estas variables.

Seguido, se procedió a la corrección de las variables mediante la adición de sal de amonio como fuente de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NH}_4$  para dar inicio al proceso de nitrificación, y harina de yuca como fuente de sustratos de las bacterias. Así mismo se monitoreó la calidad de agua a lo largo del proceso de maduración, realizando las correcciones pertinentes en el tanque del inóculo (Fig. 8).

El suministro de melaza y harina de yuca se realizaron con el propósito mantener la relación carbono: nitrógeno (C: N) en 20:1 en el sistema de activación BFT y la corrección diaria de acuerdo a la variación de los parámetros físico – químicos.

Durante 15 días aproximadamente se monitoreó la calidad del agua en el inóculo del floc, para la corrección mediante la relación C: N, según la metodología propuesta por Kubitzka (2011), Avnimelech (1999) y Sierra De La Rosa (2009) (Fig. 9).



Figura 8. Preparación del inoculo de Biofloc con el suministro de insumos como melaza, harina de trigo y cloruro de amonio en la unidad de 1 m<sup>3</sup>.



Figura 9. Medición de parámetros físico químico del inoculo de Biofloc con el fin de realizar las respectivas correcciones en el sistema.

#### **4.2.3 Siembra de animales**

Previos a la siembra de los alevinos de tilapia roja y de postlarvas de camarones en las unidades experimentales de cultivo se realizó la adecuación de estas (llenado e instalación de los sistemas de aireación), así como la inoculación de floc y mantenimiento de este.

Una vez ya establecido el sistema, se procedió a la siembra inicial de las postlarvas de camarones 15 días antes de la siembra de las tilapias, a fin de evitar que los peces predaran las misma y estas colonizaran los tanques de cultivos (Fig.10). Tomando así la biometría inicial de 0.001 g promedio y una vez adaptados al sistema de biofloc se realizó un muestreo inicial de 60 animales por tanques, donde se tomó el peso (g) de cada uno y se obtuvo un promedio de siembra de 0,21 g. Posteriormente a esto, fueron sembradas las tilapias rojas con peso promedio de 5 g (Fig. 11).

Los datos iniciales de peso y talla promedio de los animales sembrados, permitieron su vez calcular la biomasa sembrada y determinación de la ración alimenticia a utilizar durante la investigación. Esta obligación se cumplió en un 100% de ejecución.



Figura 10. Siembra de postlarvas de camarón blanco en las unidades experimentales.



Figura 11. Biometría de tilapia y siembra de tilapia roja en las unidades experimentales investigación.

**4.3 Obligación 3: Realizar muestreos quincenales para la colecta de información parámetros biológicos, longitud total y estándar (cm), peso de los tratamientos evaluados; Procesar y analizar la información obtenida de parámetros técnicos (ganancia en peso (Gp), ganancia en longitud (Gl), tasa específica de crecimiento (G), sobrevivencia (S) de los tratamientos evaluados.**

**4.3.1. Seguimiento técnico del muestreo biométrico para determinar el desempeño zootécnico de tilapia roja y camarón blanco en sistemas de Biofloc; Recopilación de información y tabulación de los datos de los muestreos biométricos para determinar el desempeño zootécnico de los animales.**

Durante el seguimiento técnico de este ensayo fueron tomadas poblaciones aleatoriamente de animales con el fin de realizar la biometría, donde se midió peso (g) y talla total (cm), respectivamente de los alevinos de tilapias, y solo peso para las postlarvas de camarones sembrados en los tanques, para luego calcular la biomasa inicial y en base a esto determinar la ración alimenticia; en esta fase de cultivo los muestreos biométricos de seguimiento al cultivo fueron realizados cada 15 días para los peces y semanalmente para los camarones.

La muestra aleatoria fue tomada inicialmente para los camarones de los comederos y posteriormente tanto para estos y para las tilapias se utilizó una nasa de ojo de malla de  $\frac{3}{4}$ " y atarraya camaronea (Fig. 11), para luego ser depositada en recipientes plásticos con aireación constante, para su mantenimiento hasta ser pesadas y medidas, con ayuda de una balanza digital y ictiómetro en puntos estratégicos del área del sistema BFT.

Los datos de las biometrías de cada una de las especies fueron colectados en planillas y procesadas en matriz de Excel para los análisis estadísticos. De los datos obtenidos partiendo del muestreo inicial y posterior al cultivo tanto para los camarones y tilapia se encuentran descritos en la obligación seis (6) del presente informe. Esta obligación se cumplió en un 100% de ejecución.

A continuación, se presentan galerías de imágenes como evidencia de la realización de esta actividad en el ensayo en ejecución, según la metodología establecida en el proyecto (Fig.12-20).

### Muestreo inicial camarones



Figura 12. Primera biometría de postlarvas de camarón blanco en las unidades experimentales investigación.

**Muestreo a las dos semanas cultivo las postlarvas de camarones**



Figura 13. Segunda biometría de postlarvas de camarón blanco en sistemas de Biofloc en la Estación Piscícola de Repelón de la AUNAP.

### Muestreo a la tercera semana de cultivo



Toma de muestra de larvas de camarón blanco para muestreo biométrico

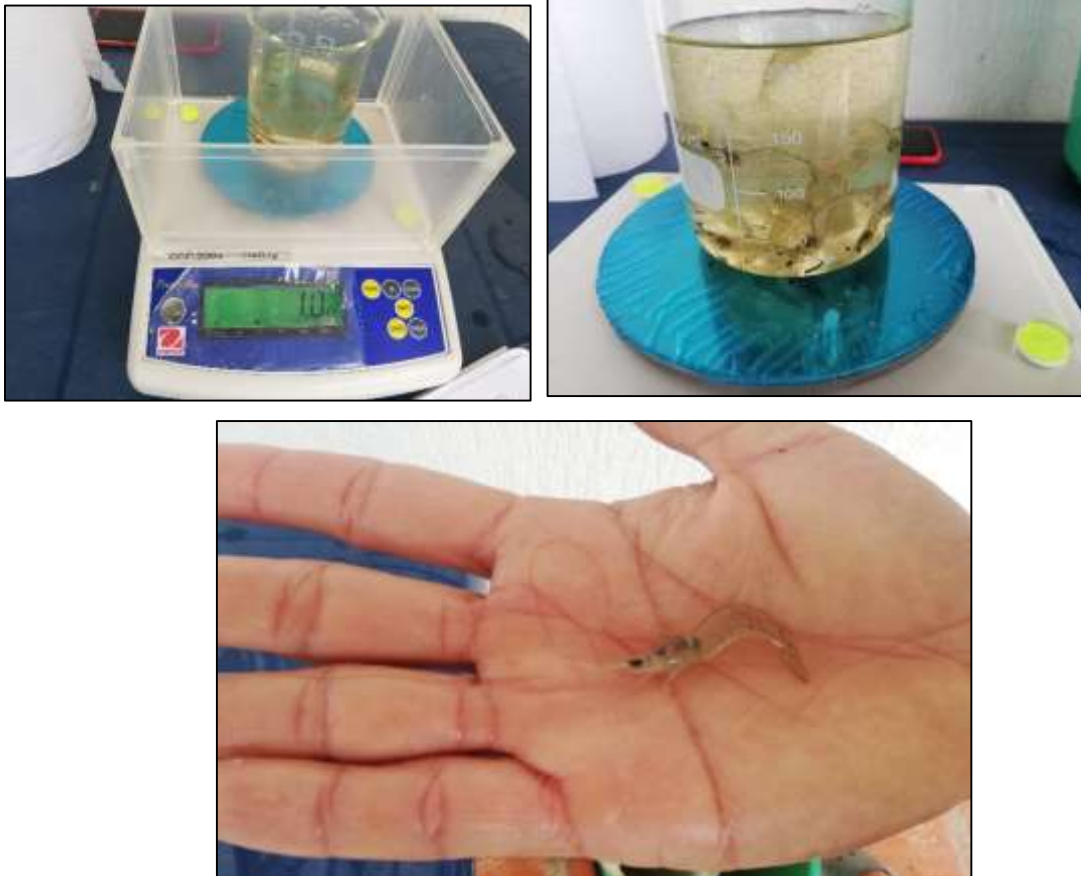


Figura 14. Tercera biometría de postlarvas de camarón blanco en sistemas de Biofloc.

# Muestreo a la cuarta semana de cultivo

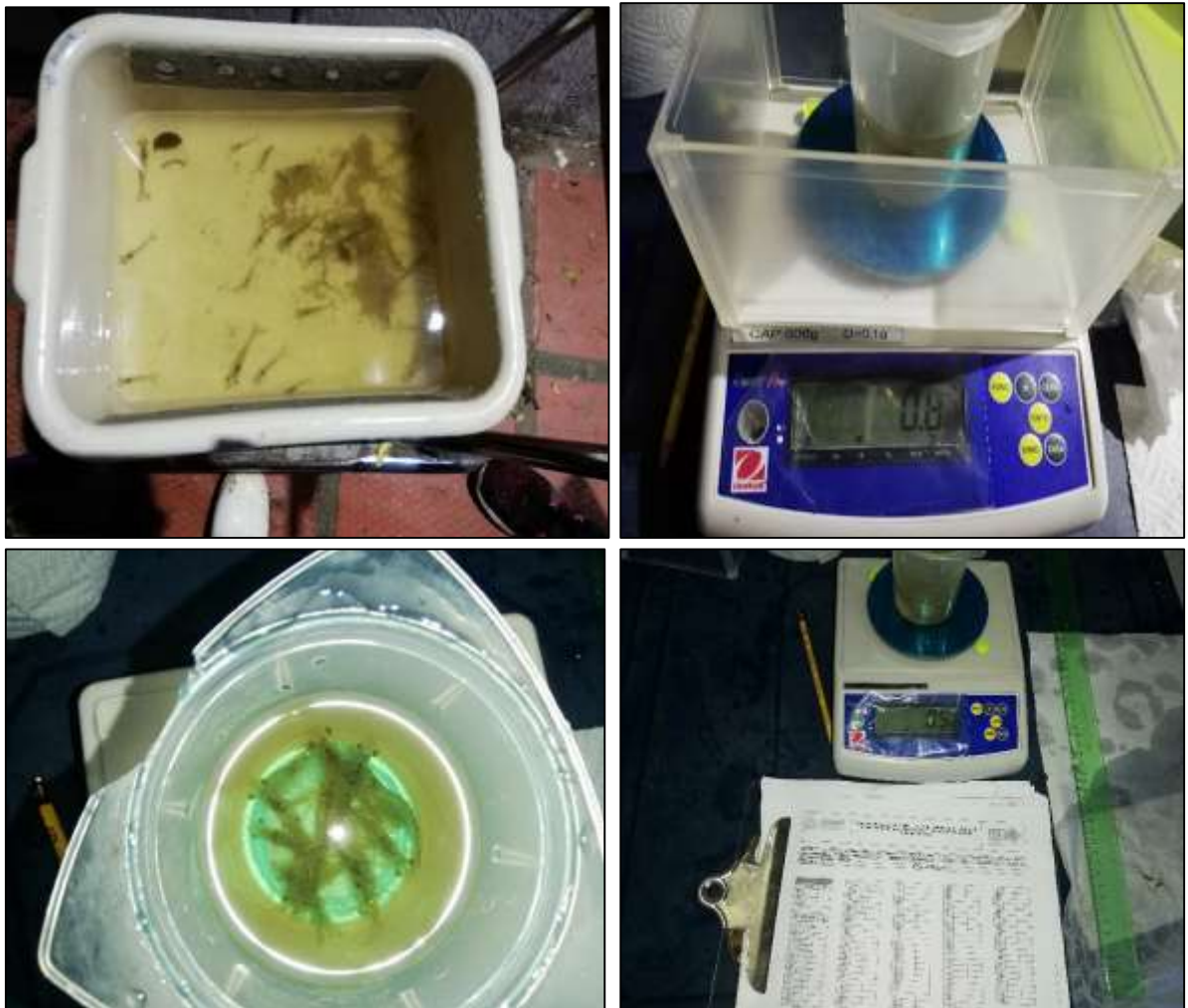


Figura 15. Cuarta biometría de postlarvas de camarón blanco en sistemas de Biofloc.

## Muestreo a la quinta semana de cultivo



Figura 16. Quinta biometría de postlarvas de camarón blanco del tratamiento 3 (300 cam/m<sup>3</sup>) en el sistema de Biofloc.

### Primer muestro biométrico de tilapia roja



Figura 17. Primera biometría de alevino de tilapia roja en sistemas de Biofloc.

## Segundo muestreo biométrico de tilapia roja



Toma de muestra de tilapia roja para muestreo biométrico

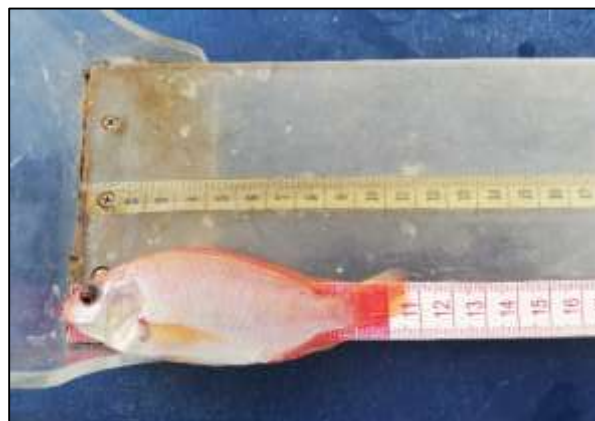


Figura 18. Segunda biometría de tilapia roja mantenido en el sistema de Biofloc.

### Tercer muestreó biométrico de tilapia roja



Figura 19. Tercera biometría de tilapia roja mantenido en el de Biofloc.

### Cuarto muestreó biométrico de tilapia roja



Figura 20. Cuarta biometría de tilapia roja mantenido en el de Biofloc.

### Quinto y ultimo muestreo biométrico de tilapia roja



Figura 21. Quinta y última biometría de tilapia roja mantenido en el de Biofloc

**4.3.2. Monitoreo en cada unidad monitoreo en cada unidad experimental de la calidad del biofloc, midiendo parámetros como: temperatura, oxígeno disuelto, pH alcalinidad y de amonio, nitrito y nitrato, dureza; Recopilación de la información y tabulación de los datos.**

Antes y después de sembrar los alevinos en las unidades experimentales, se realizó lectura y corrección de variables fisicoquímicas, con el fin de brindar bienestar a los animales sembrados. A partir de este momento se inició registro diario de temperatura, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno y pH; cada día por medio el volumen de floc, amonio, nitritos y nitratos, finalmente dos veces a la semana alcalinidad y dureza total (Tabla 1).

**Tabla 1. Periodicidad de medición de variables físico – químicas en unidades experimentales**

| Variable                              | Periodicidad          |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Oxígeno disuelto (mg/L)               | Diario                |
| Saturación de oxígeno (%)             |                       |
| pH                                    |                       |
| Temperatura (°C)                      |                       |
| Volumen de floc (ml/L)                | Cada dos días         |
| Amonio no ionizado (NH <sub>3</sub> ) | Cada día por medio    |
| Amonio ionizado (NH <sub>4</sub> )    |                       |
| Nitrito (NO <sub>2</sub> )            | Dos veces a la semana |
| Nitrato (NO <sub>3</sub> )            |                       |
| Alcalinidad (mg/L)                    |                       |
| Dureza (mg/L)                         |                       |
|                                       |                       |

Luego de realizar los registros de variables de calidad de agua (Oxígeno, pH, Nitritos, Amonio, Dureza y Alcalinidad total), fueron analizados y en caso de que se encontraran fuera del rango recomendado para el cultivo de tilapia roja y camarón blanco o el mantenimiento del sistema BFT (Fig.22, 23, 24), se procedía realizar la corrección de dichos parámetros, según metodologías propuesta por Lango (2012) y Vásquez (2004) (Fig. 25).

Las variables medidas en este estudio presentaron hasta la fecha el comportamiento normal conforme a lo establecido en un sistema de producción intensivo en Biofloc. Los valores medios se encuentran registrado en la obligación 6 del presente informe, en el cual, se evidencia de manera general el comportamiento de estos parámetros hasta la finalización del estudio (03 de diciembre de 2018) a través de figuras y tablas

específicas. A continuación, se presenta galería de figuras donde se demuestra el desarrollo de la presente actividad durante la ejecución del proyecto.



Figura 22. Control de parámetros fisicoquímicos como medición de oxígeno, temperatura y amonio en el sistema de policultivo en Biofloc.



Figura 23. Control de parámetros nitrogenados como nitro y nitrato en el sistema de policultivo en Biofloc.



Figura 24. Seguimiento técnico de los sólidos en suspensión en el cultivo intensivo en Biofloc de tilapia y roja y camarón blanco.



Figura 25. Adición de melaza y sal para el control del compuesto nitrogenado en el sistema de Biofloc en el policultivo de tilapia y camarón blanco.

**4.4 Obligación 4 y 5: Procesar y analizar la información obtenida de parámetros técnicos (ganancia en peso (Gp), ganancia en longitud (Gl), tasa específica de crecimiento (G), sobrevivencia (S) de los tratamientos evaluados.**

**Procesar y analizar la información de parámetros económicos de los tratamientos evaluados; Preparar y entregar un documento técnico final con los resultados, análisis y recomendaciones**

**4.4.1 Organizar los resultados de las variables analizadas en los tratamientos evaluados (Desempeño zootécnico, parámetros fisicoquímicos; Organización de tablas, y realización de gráficas y figuras para elaboración del informe final.**

**4.4.1.1 Análisis descriptivo de los parámetros fisicoquímicos del agua**

Las variables de calidad de agua evaluadas durante el experimento fueron: temperatura, pH, oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, alcalinidad, dureza total, volumen de floc, amonio, nitrato y nitrito. En la tabla 2, se muestran las mediciones a través del tiempo para alguna de estas variables. Estos resultados están soportados en la información recolectada para las ocho semanas de duración general del experimento del policultivo de tilapia roja y camarón blanco del pacífico en sistemas de biofloc el Estación Piscícola de repelón.

Tabla 2. Valores de los parámetros monitoreados durante el periodo experimental, con medias y desvió padrón ( $\pm$ ) de los tratamientos: 100, 200 y 300 camarones/m<sup>3</sup> y 50 tilapias/m<sup>3</sup>, evaluados en el sistema de biofloc.

| PARAMETROS                                                  | TRATAMIENTOS      |                    |                   |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
|                                                             | T1                | T2                 | T3                |
| Temperatura (°C)                                            | 27,76 $\pm$ 0,604 | 27,93 $\pm$ 0,65   | 27,95 $\pm$ 0,64  |
| Oxigeno (mg L <sup>-1</sup> )                               | 7,19 $\pm$ 0,38   | 7,51 $\pm$ 0,36    | 7,28 $\pm$ 0,33   |
| pH                                                          | 8,04 $\pm$ 0,39   | 8,09 $\pm$ 0,38    | 8,10 $\pm$ 0,37   |
| Alcalinidad (mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> )         | 176 $\pm$ 17,95   | 176,87 $\pm$ 17,50 | 175 $\pm$ 19,40   |
| NH <sub>3</sub> (mg/ L <sup>-1</sup> )                      | 0,33 $\pm$ 0,29   | 0,30 $\pm$ 0,28    | 0,29 $\pm$ 0,27   |
| NH <sub>4</sub> (mg/ L <sup>-1</sup> )                      | 0,35 $\pm$ 0,31   | 0,33 $\pm$ 0,30    | 0,32 $\pm$ 0,29   |
| Amonio (TAN mg/ L <sup>-1</sup> )                           | 0,69 $\pm$ 0,60   | 0,63 $\pm$ 0,58    | 0,62 $\pm$ 0,27   |
| Nitrito (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> /L <sup>-1</sup> ) | 1,62 $\pm$ 1,93   | 1,48 $\pm$ 1,90    | 1,64 $\pm$ 2,07   |
| Nitrato (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L <sup>-1</sup> ) | 12,59 $\pm$ 1566  | 10,54 $\pm$ 12,05  | 12,27 $\pm$ 14,27 |
| VF (ml/ L <sup>-1</sup> )                                   | 7,29 $\pm$ 3,49   | 7,85 $\pm$ 4,47    | 7,48 $\pm$ 4,20   |

La concentración media de oxígeno disuelto se mantuvo en 7.19 mg L<sup>-1</sup> para el tratamiento 100 cam/ m<sup>3</sup>, 7.51 mg L<sup>-1</sup> para el tratamiento 200 cam/ m<sup>3</sup> y 7.28 mg L<sup>-1</sup> para el 300 cam/ m<sup>3</sup>. En cuanto a la temperatura, se observó en el curso del experimento diferentes fluctuaciones en el que se registraron valores mínimos de 27.9 °C para la segunda semana, y máximos de 28.2 °C para todos tratamientos en la cuarta semana. El pH varió a lo largo del tiempo presentando valores medios de 8.04, 8.09 y 8.10 para los tratamientos 100 cam/ m<sup>3</sup>, 200 cam/ m<sup>3</sup> y 300 cam/m<sup>3</sup>, respectivamente.

El comportamiento de los compuestos nitrogenados en el periodo de colecta de información se evidencian en la figura 26, 27 y 28 , en la cual, se observa en los tres tratamientos las concentraciones de amonio total (TAN) más elevadas en la segunda y tercera semana del estudio con valores medios para el T1: .1.15 mg/L, T2: 1.18 mg/L y T3: 1.12 mg/L respectivamente; posteriormente se observó el aumento de las concentraciones de nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) entre la cuarta y quinta con picos medio para el T1: 2.14 y 4.23 , T2: 1.39 y 4.5 mg/L y T3: 2.46 y 4.90 mg/L, respectivamente; y para el final del experimento se evidenció según lo previsto en los procesos normales de nitrificación los aumentos de las concentraciones de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), observándose valores medios a la octava semana de investigación para los T1, T2 y T3 de 44.25, 32.27 y 39.10 mg/L, y para el TAN en 0.310 , 0.341 y 0.250 mg/L y NO<sub>2</sub><sup>-</sup> de 0.26, 0.27 y 0.28 mg/L, respetivamente.

Cuando los TAN y NO<sub>2</sub><sup>-</sup> se encontraban fuera de los rangos óptimos de las especies evaluada en el policultivo fue necesaria la aplicación de melaza y de sal en aras de mantener el bienestar de los animales en el sistema de cultivo.

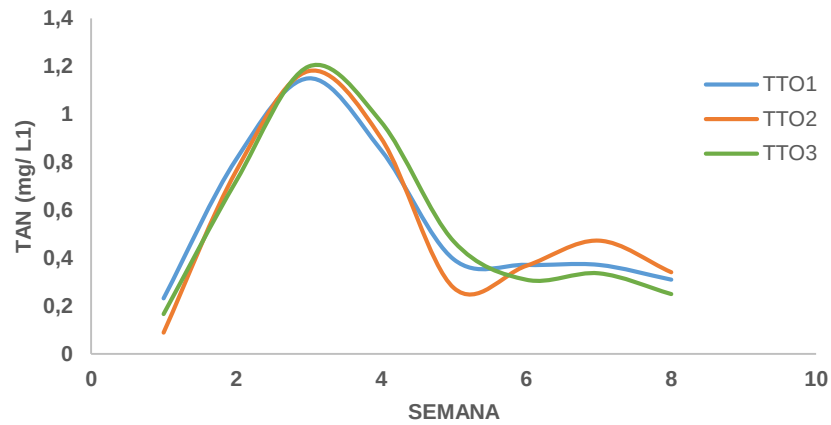


**Figura 26.** Variaciones de las concentraciones de amonio total a lo largo del experimento, en los tratamientos evaluados en sistema de biofloc.

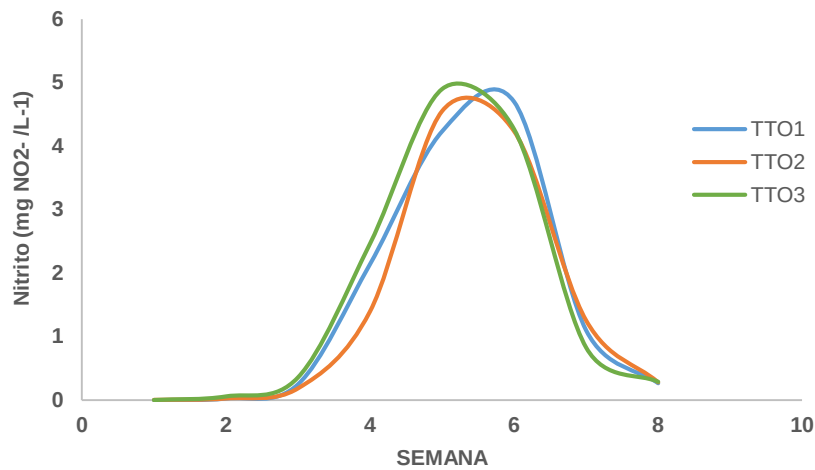


**Figura 27.** Variaciones de las concentraciones de nitrito a lo largo del experimento, en los tratamientos evaluados en sistema de biofloc.

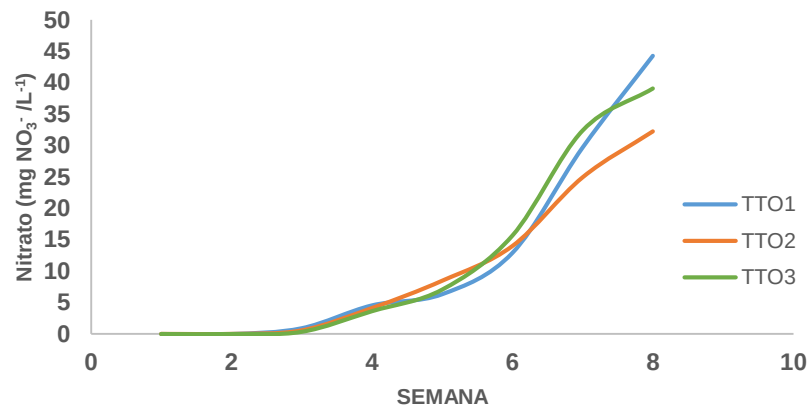


**Figura 28.** Variaciones de las concentraciones de nitrato a lo largo del experimento, en los tratamientos evaluados en sistema de biofloc.

La alcalinidad en todos los tratamientos presento una disminución a lo largo del período experimental como se muestra en la figura 29, determinándose valores medios al inicio y al final del experimento para los T1, T2 y T3 de 187 y 141 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, 191 y 144 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> y 190 y 137 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, respectivamente.

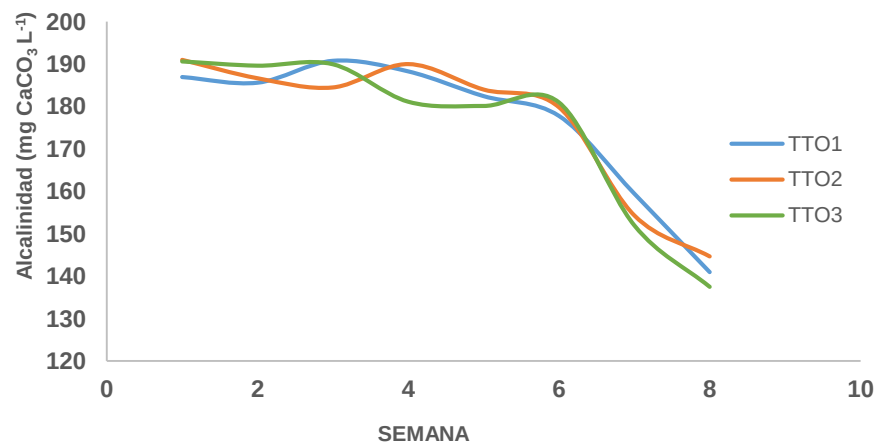


**Figura 29.** Variaciones de alcalinidad a lo largo del experimento, en los tratamientos evaluado en sistema de biofloc.

La concentración del volumen de floc medidos con los conos Imhoff en todos los tratamientos se presentan en la figura 30, observándose que los mismos no superaron los valores medios de 13 ml/L<sup>-1</sup>.

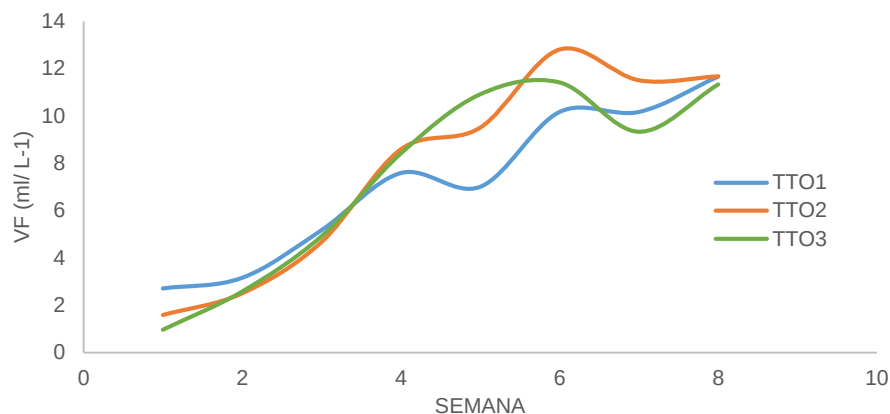


**Figura 1.** Variaciones de las concentraciones de volumen de floc (VF) a lo largo del experimento, en los tratamientos evaluado en sistema de biofloc.

#### 4.4.1.2. Análisis de los parámetros de desempeños zootécnicos de la Tilapia Roja y del Camarón Blanco del Pacífico.

Los resultados del desempeño zootécnico de los animales, como gaño de peso, conversión alimentaria, sobrevivencia y biomasa son presentado en la tabla 3. En el caso de los camarones solo fue calculado el peso, la Gancia de peso semana y la sobrevivencia al final de la cuarta semana (Tabla 4).

Tabla 3. Valores de desempeño zootécnico de Tilapia Roja evaluada en policultivo con camarón a densidad de 50 peces/m<sup>3</sup> en sistema de biofloc.

| PARAMETROS                                 | TRATAMIENTOS |             |             |
|--------------------------------------------|--------------|-------------|-------------|
|                                            | T1           | T2          | T3          |
| Peso Inicial (g)                           | 5            | 5           | 5           |
| Peso Final (g)                             | 62,05±0,77   | 64,15±0,919 | 66,0±0,707  |
| Longitud (cm)                              | 14±0,30      | 14,25±0,35  | 14,50±0,707 |
| Ganancia diaria de peso (g/d)              | 1,04±        | 1,07±0,014  | 1,10±0,0,01 |
| Ganancia peso (g)                          | 57,05±0,07   | 59,15±0,919 | 61,00±0,707 |
| Factor de conversión alimenticia           | 1,31±0,007   | 1,42±0.005  | 1,44±0.03   |
| Tasa de sobrevivencia (%)                  | 97,60±0,02   | 97,00±0,03  | 97,55±0,01  |
| Biomasa o carga final (Kg/m <sup>3</sup> ) | 2,97±2,83    | 3,04±1,03   | 3,22±1,03   |

Tabla 4. Valores de desempeño zootécnico de Camarón Blanco del Pacífico sembrado a 100, 200 y 300 cam/m<sup>3</sup> en policultivo con Tilapia roja en cuatro semanas de cultivo en sistema de biofloc.

| PARAMETROS           | T1   | T2   | T3   |
|----------------------|------|------|------|
| Peso Inicial (g)     | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Peso Final (g)       | 0,91 | 0,92 | 0,96 |
| Gaño peso Semana (g) | 0,22 | 0,23 | 0,2  |
| Sobrevivencia (%)    | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

Para el caso de la tilapia roja se evidencio al final de 8 semanas de estudios pesos medio para el T1, T2 y T3 de 62.05, 64.15 y 64.15 g y longitud media de 14, 14.25 y 14.5 cm, respectivamente. En cuanto al camarón blanco se registraron datos biométricos hasta cuarta semana de investigación para el T1 y T2 con pesos medios 0.91 g y 0.88 g, respectivamente y 0.80 g para el T3 y para la quinta semana solo se comprobaron datos para el T3 con peso medio de 1.32 g.

Es de resaltar que al inicio y durante el experimento se observó agresividad en cardumes de tilapias hacia los camarones. Reflejándose tal situación en la quinta semana de investigación, donde solo se capturaron camarones para el muestreo en los tanques de mayor de densidad de siembra (300 cam/m<sup>3</sup>) y, posteriormente a las biometrías correspondientes no se capturaron camarones en las bandejas de alimentación ni con el apoyo de atarrayas y/o nasas de pescas. Por lo que al final del experimento se registró sobrevivencia de 0.0 % para el camarón blanco en todos los tratamientos y para el caso de la tilapia se registraron valor medio en el T1, T2 y T3 de 97.2, 97.5 y 97.5%, respectivamente.

#### 4.4.2. Recopilación tabulación y análisis de la información para determinar los costos por unidad de producción (\$/kg).

La tabla 5 Describe los datos resumen, la información económica recolectada durante el desarrollo de la etapa experimental, en cada tratamiento, para determinar la rentabilidad de la tilapia en policultivo con camarón en sistema de biofloc en la Estación Piscícola del Bajo Magdalena.

Tabla 5. Resumen de la información económica obtenida durante la ejecución del cultivo de tilapia roja en policultivo con el camarón blanco del pacifico en sistemas BFT.

| <b>VARIABLES</b>                           | <b>T1</b>                         | <b>T2</b>                         | <b>T3</b>                         |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                            | <b>50<br/>peces/m<sup>3</sup></b> | <b>50peces/<br/>m<sup>3</sup></b> | <b>50peces/<br/>m<sup>3</sup></b> |
| Biomasa esperada kg/m3                     | 19.4                              | 19.4                              | 19.4                              |
| Biomasa total (kg)                         | 584                               | 584                               | 584                               |
| % de evisceración                          | 0,12                              | 0,12                              | 0,12                              |
| Biomasa final (kg)                         | 513.12                            | 513.12                            | 513.12                            |
| <b>\$ INGRESOS</b>                         |                                   |                                   |                                   |
| Venta mínima (sin escamas y con branquias) | \$9.000                           | \$9.000                           | \$9.000                           |
| Flujo de caja por ciclo de producción      | \$4.618.080                       | \$4.618.080                       | \$4.618.080                       |
| <b>\$COSTOS DE PRODUCCIÓN</b>              |                                   |                                   |                                   |
| Alimento concentrado                       | \$3.200.000                       | \$3.200.000                       | \$3.200.000                       |
| Costos energía eléctrica                   | \$685.000                         | \$685.000                         | \$685.000                         |
| Total, costos                              | \$3.885.000                       | \$3.885.000                       | \$3.885.000                       |
| Costo de producción 1 Kg de carne          | \$6.207                           | \$6.207                           | \$6.207                           |
| <b>\$ GANANCIA NETA</b>                    | <b>\$733.080</b>                  | <b>\$733.080</b>                  | <b>\$733.080</b>                  |

Realizando una proyección de los tratamientos evaluados de la tilapia roja en el policultivo, en seis meses por una unidad de producción es decir un tanque de 30 m<sup>3</sup> de volumen útil, a densidad de siembra de 50 peces/m<sup>3</sup>, para la utilización total de 1.500 tilapias de un peso promedio de venta de 380 a 400 gr, un pescador o productor obtendría ganancia neta de \$366.540 pesos unidad (tanque); vendida a un valor de \$9.000 pesos por Kg de carne, sin escamas y con branquias. Es por ello, que en aras de ejecutar proyectos en el fomento al desarrollo de la piscicultura sostenible se podría estudiar la posibilidad de implementar módulo por cabeza de familia de 6

tanques con la misma especie, la cual permitirá al productor de sembrar escalonadamente las tilapias, consiguiendo así ingresos mes a mes de ciclos de producción de 513 kg/tanque. Todo esto valores puede variar de acuerdo con la región, local de venta y presentación del producto entre otras variables. Cabe resaltar que los costos mencionados son para unidades ya instaladas listas para dar inicio al cultivo y los primeros ingresos estarían pronosticados a los 6-7 meses aproximadamente. Para un ciclo de cultivo se requieren de 105 bultos de concentrado para tilapia y 9 bultos de concentrado para camarón.

Por otra parte, los costos e ingresos planteados en el presente trabajo corresponden a la tilapia roja a densidades de siembra de 50 peces/m<sup>3</sup>, densidad evaluada en proyecto anteriores como: diferentes capacidades de carga y % de proteína en la Estación Piscícola del Bajo Magdalena, obteniéndose los mejores resultados de producción con dicha densidad de siembra. Por lo que el desarrollo de esta tilapia en estas condiciones no hizo tal diferencia en el presente proyecto.

Con relación al camarón blanco del pacífico, debido a los resultados obtenidos de mortalidad en un 100% en todos los tratamientos a la quinta semana de cultivo, a causa de la depredación por las tilapias, no se obtuvieron datos suficientes que ayudaran establecer el costo de producción en estas unidades en policultivo con tilapia. Cabe resaltar, que teniendo en cuenta la densidad de siembra utilizada para la tilapia en el presente estudio, no es recomendable implementarla en la tecnología de biofloc con el camarón, requiriendo de más estudios para evaluar la densidad de siembra de camarón y tilapia viables en policultivo. Un policultivo de camarón y tilapia con los resultados obtenidos en este estudio generaría pérdidas al acuicultor

## 5 DISCUSIÓN

### 5.1. Parámetros fisicoquímicos del agua de cultivo

La temperatura del agua es uno de los factores más importantes en el cultivo de organismos acuáticos, pues todas las actividades fisiológicas como: respiración, digestión, excreción, reproducción, alimentación, etc. están íntimamente ligadas a la temperatura del agua (FURTADO, 1995). La especie *L. vannamei* tolera un amplio rango de temperatura y según Ponce-Palafox et al. (1997) tiene un mejor desempeño relacionado con las tasas de crecimiento a la temperatura que varía entre 25 y 35 °C y la supervivencia varía entre 20 °C y 30 °. En cuanto las tilapias para OSTRENSKY y BOERGER (1998) se desarrolla bien en franjas de temperaturas variando de 18 a 30°C siendo ideales alrededor de 28 °C. En el presente estudio en todos los tratamientos la temperatura se mantuvo dentro de los rangos indicados para el crecimientos y supervivencia para especies.

El oxígeno disuelto es un factor limitante y sus concentraciones deben estar por encima de 5 mg/L<sup>-1</sup> para camarones peneídeos (Zhang et al., 2006) y superiores a 3.0 mg/L<sup>-1</sup> para tilapia roja (Popma & Lovshin, 1996), en el cual está directamente relacionados con el crecimiento y la supervivencia de los organismos cultivados. En todos los tratamientos evaluados no hubo reducción de la concentración del oxígeno disuelto a lo largo del cultivo, las medias se mantuvieron por encima de las concentraciones ideales para la el desarrollo normal de las especies cultivadas.

Según Ebeling et al. (2006), en los sistemas de biofloc la alcalinidad debe estar en un intervalo que varía entre 100 y 150 mg CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, para poder contribuir con el proceso de nitrificación de las bacterias y el crecimiento de los crustáceos. Es por ello, que, en el presente estudio, los valores medios de este parámetro permanecieron en todos los tratamientos dentro los niveles recomendados ( $\geq 100$ mg/L CaCO<sub>3</sub>) para ambas especies. Aunque su reducción fue evidenciada de manera significativa a medida que se establecía la maduración y establecimiento del sistema como lo describe Furtado et al. (2011), siendo necesario la corrección de esta a través de la aplicación de compuestos alcalinizantes, pues la calidad de agua y el desempeño de los organismos cultivados pueden ser afectados negativamente.

Los camarones marinos presentan capacidad de tolerar valores de pH 7.0 y 9.0 (Van Wyk & Scarpa, 1999) y las tilapias rojas entre 6 y 8 (Ostrensky & Boeger, 1998). Wasielesky et al. (2006b) (2006b), trabajando en sistemas BFT, afirmaron que el pH por debajo de 7 puede ocurrir un retraso en el crecimiento y aumento de la conversión alimenticia los organismos cultivados, debido al incremento de la biomasa bacteriana, que acaba consumiendo la alcalinidad que por consiguiente reduce los niveles de pH. Entretanto para el presente, a pesar de que los niveles de pH iniciaron con un valor medio de 8.5 por las características especiales del agua Embalse del Guájaro, durante las semanas de ejecución, los valores presentaron fluctuaciones en todos los tratamientos, por lo que fue necesaria hacer corrección del pH, siguiendo la metodología de Furtado et al. (2011), para mantener las condiciones ideales.

Los compuestos nitrogenados en esta investigación no afectaron el desempeño zootécnico de las especies de cultivos. Según Queiroz & Boeira (2007), en cuanto más intensiva es la densidad de siembra mayor puede ser el acumulo de nitrogenados en el cultivo, sin embargo, en el sistema de biofloc varios estudios (Burford et al. 2003, Burford et al. 2004) presentan bajas concentraciones de los compuestos nitrogenados en los cultivos. En este trabajo, en todos los tratamientos las concentraciones de los compuestos nitrogenados estuvieron por debajo del nivel de seguridad que son: 1 mg L<sup>-1</sup> para amonio 9 mg L<sup>-1</sup> para nitrito y 45 mg L<sup>-1</sup> para nitrato (Van Wyk & Scarpa 1999, Lin & Chen 2001, Lin & Chen 2003). Demostrando que las aguas del cultivo en todos los tratamientos presentaron el proceso normal de nitrificación, presumiendo el establecimiento de las bacterias nitrificantes, siendo que las vías de conversión de amoníaco en el sistema pueden ser realizadas por las bacterias heterotróficas que convierten amoníaco en biomasa bacteriana y por la asimilación foto autotrófica de las microalgas (Ebeling et al. 2006).

En cultivos tradicionales, el material en suspensión puede ser compuesto por fitoplancton y/o partículas de sedimento suspendidas por la turbulencia generada por la aireación (Thomforde & Boyd 1991). Estas partículas en altas concentraciones pueden afectar el desempeño de las especies del estudio, por lo que deben permanecer en los valores ideales para el buen desarrollo del cultivo. En el presente estudio los valores medios de este parámetro fueron inferiores a 10 ml/ L<sup>-1</sup>, permaneciendo dentro del nivel recomendado para el sistema (Samocha et al., 2007).

## 5.2. Análisis del desempeño zootécnico del Camarón blanco del pacífico y la Tilapia roja.

Durante la investigación de 8 semanas, solo fueron colectados registro de datos biométricos para la especie de camarón blanco del pacífico hasta la cuarta semana de ejecución en los tratamientos T1 y T2 y solo hasta la quinta semana del T3. Esto es debido a que no se obtuvieron animales hacia posteriores muestreos para seguir con la colecta de datos, verificándose al finalizar el experimento la sobrevivencia total del camarón del 0.0 % en todos los tratamientos estudiados.

Los estudios de policultivo de tilapia y camarón blanco reportados actualmente están determinados por la densidad de siembra de ambas especies y en sistemas convencionales con valores promedio para el caso de los peces no máximo de 1.5 por m<sup>2</sup> y camarón de 15-25 postlarvas/m<sup>2</sup> (Rahman, *et al.*, 2008b; Cruz, *et al.*, 2008; Kritsanapuntu, *et al.*, 2008). En el caso de sistemas intensivo solo se encuentra un reporte sobre el comportamiento de estas dos especies, en el que estudiaron los efectos de la adición de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) a diferentes densidades y tamaños sobre la producción, la calidad del agua y la recuperación de nutrientes en tanques de cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Yuan *et al.*, 2010). Los mismos autores reportan, que al aumento de la densidad de tilapia redujo significativamente la supervivencia de los camarones, mientras que el aumento del tamaño de la población de tilapia no tuvo un efecto significativo sobre la supervivencia de los camarones, por lo que recomiendan en el estudio como densidad adecuada de 0,4 peces/m<sup>2</sup> y 13,7 g respectivamente. Datos que son inferiores a los utilizados en el presente estudio donde en todos los tratamientos fueron utilizadas densidades de tilapia roja de 50 animales/m<sup>3</sup>, factor que afectó negativamente en la sobrevivencia de los camarones en este sistema.

Es por ello el caso especificado del policultivo cuando se trabaja con camarón y tilapias, la principal premisa es conseguir el equilibrio entre las densidades de siembra de las dos especies a producir (Petersen 20017). En policultivo donde se tiene una densidad elevada de peces y bajas de camarones, existe el riesgo que las tilapias prenda los camarones en los estanques, como lo sucedió en el presente estudio, donde se observó 0.0% de sobrevivencia debido al hostigamiento por los cardúmenes de tilapias hacia los camarones, ocasionando estrés en los mismo y

finalmente la muerte. Siendo más evidente en este tipo de sistemas cerrados donde el camarón tiene menor posibilidad de escapar a los ataques de las tilapias, debido a la inexistencia de refugios en los tanques de producción

En este contexto, cabe resaltar que una de las principales ventajas de los medios heterotróficos o biofloc biofloc es la utilización de altas densidades de siembra con fuerte aireación, en aras de garantizar la sostenibilidad económica del sistema (Loneragan et al., 1998), así que sembrar a menores cantidad de animales para llevar acabo el policultivo con camarones, inviabiliza la rentabilidad de la producciones, por lo no es técnicamente factible la estrategia del cultivo de estas dos especies en tecnología de biofloc.

La ganancia de peso semanal registrada para todos los tratamientos (100, 200 y 300 cam/m<sup>3</sup>) hasta la colecta de los datos en cuarta semana y quinta para la densidad de 300cm/m<sup>3</sup> fue muy baja: 0.2 g/sem y 0.3g/sem, respectivamente, resultados inferiores a los constatados por Krummenauer et al., (2001) para la misma especie, en cultivos con densidad de almacenamiento de 150 y 300 cam/m<sup>2</sup> (0,85 y 0,9 g/semana, respectivamente), así como a los citados por McIntosh & Carpenter (1999) densidad de 112-128 cam/m<sup>2</sup> (0,8- g/semana) y ciertamente, resultante al estrés ocasionado por la persecución de las tilapias durante el cultivo y a la presencia de estas en los comedores de los camarones en el cultivo.

La sobrevivencia de las tilapias cultivadas fue alta con un 97% promedio en todos los tratamientos, resultados similares (93.56) a los reportados por Widanarni et al., (2012) en sistemas de biofloc. La conversión alimenticia en este estudio fue en promedio de 1.39 inferior a la reportada por Rakocy et al. (2004) de 1.9 a 2.2 en el sistema biofloc con alimentación ad libitum y similar a la reportada por Pérez-Fuentes et al., (2016) valor medio de 1.06.

Los valores encontrados en el presente estudio, con relación a ganancia de peso diario y de biomasa final (1.1g/día y 3.1 kg/m<sup>3</sup>) a la densidad de tilapia utilizada en el sistema de 50 peces/m<sup>3</sup> fueron similares en todos los tratamientos, coincidiendo con los valores reportados por Widanarni et al. (2012) con 0.83 g/día y 3.6 Kg/m<sup>3</sup> respectivamente, para la misma especie y densidad de siembra. De igual forma, estos valores presentan similitud con los resultados de estudios previos en la misma fase de cultivo, realizados con tilapia roja evaluando diferentes densidades de carga y porcentajes de proteína en la Estación Piscícola de Repelón, en condiciones

similares al del presente estudio. Demostrando de esta forma que el cultivo de la tilapia se desarrolló de manera satisfactoria en el presente estudio.

### **5.3 Análisis económico del policultivo de tilapia roja y camarón blanco en sistema biofloc**

Con una biomasa de 1.752 kg, para la utilización total de 1.500 tilapias de un peso promedio de venta de 380 a 400 g, vendidas a un valor de \$9.000 pesos por kg de carne, sin escamas y con branquias. \$9.000, generaría una ganancia bruta de \$15.768.000, menos los costos de insumos que representan un valor de \$11.655.000, se obtiene una ganancia neta de \$2.199.240, este último valor representa la ganancia de 6 meses utilizando los 6 tanques de cultivo, obteniendo una ganancia de \$733.080 por cada tratamiento (\$366.540 por tanque) encontrándose por debajo del Salario Mínimo Mensual Legal Vigente. Y con los resultados obtenidos de la mortalidad de camarón en el cultivo se generarían pérdidas.

## 6 CONCLUSIÓN

La intensificación de la producción puede ser ventajosa siempre que se respete la densidad de siembra apropiada para las fases del organismo cultivado y el sistema de cultivo aplicado. En el presente trabajo, la densidad de siembra de la tilapia roja a 50 peces/m<sup>3</sup> utilizadas para evaluar el policultivo del camarón a densidades de 100, 200 y 300 cam/m<sup>3</sup> en sistemas de biofloc, no es técnicamente viable para los productores que deseen aplicarla. Debido a que los peces afectan negativamente el desempeño zootécnico y 100 % la sobrevivencia de los camarones en estos tipos de sistemas.

En el desarrollo de la tecnología de cultivo biofloc, se establece como precedente el manejo inicial de una ALTA INVERSIÓN, al considerar el establecimiento de una tecnología de vanguardia y con tecnificación en los sistemas de cultivo a ser implementados, por lo que la utilización de densidades inferiores de tilapia a las implementadas en el presente estudio, para poder establecer el policultivo con camarones no sería una opción para los productores que buscan intensificar los cultivos en esfuerzo de garantizar la rentabilidad económica, con el objetivo de minimizar los costos operacionales.

## **7 RECOMENDACIONES**

En la actualidad los estudios de policultivos realizados con camarón blanco y la tilapia roja o negra son realizados en sistemas convencionales en estanques en tierras a bajas densidades. En el presente sistema intensivo, el hacinamiento de los peces ocasionado por las altas densidades implementadas conllevó a que estos ejercieran persecución sobre los camarones, ya sea compitiendo por alimento o por el espacio en el tanque de cultivo. De esta forma no es recomendable la utilización de sistemas intensivos para el policultivo de estas dos especies en sistema de biofloc. Por lo que se recomienda enfocar nuevas investigaciones que ayuden a intensificar las producciones en el monocultivo de camarón blanco del pacífico en aguas de baja salinidad sistema heterotrófico.

El tipo de seguimiento dado a cada variable estudiada dentro del desarrollo de cada ensayo de cultivo, se estableció bajo consideraciones de tipo investigativo con enfoque en la elaboración de protocolos de manejo. En este caso, tipo de equipos, materiales, periodicidad en la medición de variables e incluso variables evaluadas, no son de obligatoriedad y de estricto cumplimiento en los procesos de manejo de fincas productoras. Sin embargo, se recomienda la rigurosidad e utilización de herramientas confiables en el manejo de este tipo de sistemas, además de hacerse necesario el contar con un profesional con conocimiento en su manejo.

## 8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AVNIMELECH, Y. 2006. Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering*, 34: 172–178.

BURFORD, MA, THOMPSON, PJ, MCINTOSH, RP, RH BAUMAN, DC, PEARSON. 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture*, 232:525–537.

BURFORD, MA, THOMPSON, PJ, MCINTOSH, RP, RH BAUMAN, DC, PEARSON. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*, 219:393-411.

COHEN, D., RA'ANAN, Z., 1983. The production of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* in Israel: III. Density effect of all-male Tilapia hybrids on prawn yield characters in polyculture. *Aquaculture* 35, 57-71.

Cruz, P.S., Andalecio, M.N., Bolivar, R.B., Fitzsimmons, K., 2008. Tilapia-Shrimp polyculture in Negros Island, Philippines: A Review. *J. World Aquac. Soc.* 39 (6), 713-725.

D. KRUMMENAUER, S. PEIXOTO, R.O. CAVALLI, L.H. POERSCH, W. WASIELESKY. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different stocking densities *J. World Aquacult. Soc.*, 42 (2011), pp. 726-733.

D. MCINTOSH, T.M. SAMOCHA, E.R. JONES, A.L. LAWRENCE, D.A. MCKEE, S. HOROWITZ, A. HOROWITZ. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water Exchange *Aquac. Eng.*, 21 (2000), pp. 215-227.

EBELING, JM, TIMMONS, MB, BISOGNI, JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production systems. *Aquaculture* 257:346–358.

FURTADO, P, POERSCH, LH, WASIELESKY, W. 2011. Effect of calcium hydroxide, carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology (BFT) systems. *Aquaculture* 321:130-135.

KRITSANAPUNTU, S., CHAITANAWISUTI, N., SANTHAWEESUK, W., NATSUKARI, Y. 2008. Growth performances for monoculture and polyculture of hatchery-reared juvenile spotted babylon, *Babylonia areolata* Link, 1807, in large-scale earthen ponds. *Aquac. Res.* 39 (14), 1556-1561.

LIN, YC, CHEN, JC. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 259:109–119.

LIN, YC, CHEN, JC. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224:193–201

Malecha, S.R., Buck, D.H., Baur, R.J., Onizuka, D.R., 1981. Polyculture of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, Chinese and common carps in ponds enriched with swine manure: I. Initial trials. *Aquaculture* 25(2-3), 101-106.

PONCE-PALAFOX, J, MARTINEZ-PALACIOS, CA, ROSS, LG, 1997.

PONCE-PALAFOX, J, MARTINEZ-PALACIOS, CA, ROSS, LG, 1997. The effects of salinity and temperature on the growth and survival rates of juvenile white shrimp, *Penaeus vannamei*, Boone, 1931. *Aquaculture* 157:107-115.

PETERSEN, R. L.. 2007. Policultivo de tilápia + camarão marinho: uma realidade equatoriana em 2007. *Panorama da Aqüicultura*. v.17, n.102, p.49-53.

QUEIROZ, JF & RC BOEIRA. 2007. Comunicado Técnico – Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aqüicultura. [http://www.cnpma.embrapa.br/download/comunicado\\_44.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/comunicado_44.pdf). Acessado em 12 de novembro de 2012.

OSTRENSKY, AN, 2002. Aqüicultura brasileira e sua sustentabilidade. XII Simpósio Brasileiro de Aqüicultura. Anais. pp. 4-10

RAHMAN, M.M., NAGELKERKE, L.A.J., VERDEGEM, M.C.J., WAHAB, M.A., VERRETH, J.A.J., 2008 A. Relationships among water quality, food resources, fish diet and fish growth in polyculture ponds: A multivariate approach. *Aquaculture* 275, 108-115.

RAKOCY, JE, SHULTZ RC, BAILEY DS & THOMAN ES. 2004. Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae (ISHS)* 648:63-69.) Resh, H.M. 1995. *Hydroponic food production*. Woodbridge Press Publishing Company, Santa Barbara, California.

SAMOCHA, TM, PATNAIK, S, SPEED, M, ALI, AM, BURGER, JM, ALMEIDA, RV, AYUB, Z. 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36:184–191.

SCHWANTES, V.S., DIANA, J. S., YI, Y., 2009. Social, economic, and production characteristics of giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* culture in Thailand. *Aquaculture*, 287, 120-127.

SILVA, L.B., BARCELLOS, L.J.G., QUEVEDO, R.M., SOUZA. S.M.G., KREUTZ, L.C., RITTER, F., FINCO, J.A., BEDIN, A.C., 2006. Alternative species for traditional carp polyculture in southern South America: Initial growing period. *Aquaculture* 255, 417–428.

Valenti, W.C., 2002. Aquicultura sustentável. In: Congresso de Zootecnia, 12o, Vila Real, Portugal, 2002, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais. pp.111-118.

VAN WYK, P, SCARPA, J. 1999. Water Quality and Management. In: Van Wyk, P., et al. (Eds.), *Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems*. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee, p. 128–138.

Vinatea, L.A.A., 1999. Aquicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquicultura brasileira. Florianópolis: Ed. Da UFSC. 310p.

WASIELESKY, W, ATWOOD, H, STOKES, A, BROWDY, CL. 2006a. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258:396-403.

WASIELESKY, W, ATWOOD, H, KEGL, R, BRUCE, J, STOKES, A, BROWDY, CL. 2006b. Efeito do ph na sobrevivência e crescimento do camarão branco *Litopenaeus vannamei* em cultivos superintensivos. *Aquaciência* 2006. Anais do congresso.

WIDANARNI; EKASARI, J.; MARYAM, S. Evaluation of Biofloc Technology application on water quality and production performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *HAYATI Journal of Biosciences*, v. 19, n. 2, p. 73-80, 2012.

YUAN DERUN, YANG YI , AMARARATNE YAKUPITIYAGE, KEVIN FITZIMMONS, JAMES S. DIANA. 2010. Effects of addition of red tilapia (*Oreochromis* spp.) at different densities and sizes on production, water quality and nutrient recovery of intensive culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in cement tanks. *Aquaculture*, 298: 226–238.

ZHANG, P, ZHANG, X, LI, J, HUANG, G. 2006. The effects of body weight, temperature, salinity, pH, light intensity and feeding condition on lethal DO levels of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture* 256: 579–587.