

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación del crecimiento del camarón blanco, comparando los sistemas de cultivo biofloc y nitrificante en la finca Ixtán, Champerico, Retalhuleu, Guatemala**



**Presentado por**

**T. A. Andrea Elizabeth Monzón Pineda**

**Para otorgarle el título de  
Licenciada en Acuicultura**

**Guatemala, abril de 2017**

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Evaluación del crecimiento del camarón blanco, comparando los sistemas de cultivo biofloc y nitrificante en la finca Ixtán, Champerico, Retalhuleu, Guatemala**



**Presentado por**

**T. A. Andrea Elizabeth Monzón Pineda**

**Para otorgarle el título de**

**Licenciada en Acuicultura**

**Asesora: Licda. Rosalina Villeda Retolaza**

**Guatemala, abril de 2017**

**Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-  
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-**

**CONSEJO DIRECTIVO**

<b>Presidente</b>	<b>M. Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle</b>
<b>Secretario</b>	<b>M. Sc. Kathya Iturbide Dormon</b>
<b>Representantes docentes</b>	<b>M. Sc. Erick Roderico Villagrán Colón</b> <b>M. A. Olga Marina Sánchez Cardona</b>
<b>Representante Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores</b>	<b>M. Sc. Adrián Mauricio Castro López</b>
<b>Representantes Estudiantiles</b>	<b>T. A. María Alejandra Paz Velásquez</b> <b>Br. Marcos Estuardo Ponciano Núñez</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

A Universidad de San Carlos de Guatemala

A Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

A mis catedráticos y amigos.

A NOVAGUATEMALA, Finca Ixtán y Michael Corser.

## **ACTO QUE DEDICO**

A Dios y la Santísima Virgen María

A mi hija Giulianna Alessandra, te amo.

A mis padres.

A mis hermanos y abuelos, especialmente abue Blanca.

A mis amigas Mirell, Alejandra y Rosa.

## RESUMEN

El camarón marino *Penaeus vannamei*, es un organismo de alta demanda comercial a nivel mundial, por lo que su producción debe encontrar otras alternativas de cultivo para tener mejor eficiencia y obtener mayores tallas en menor tiempo, así como menor uso de alimento balanceado y disminuir los recambios de agua.

Algunas de las alternativas que se han estudiado recientemente en la acuicultura para mejorar la eficiencia del cultivo, son los sistemas de cultivo con biofloc y nitrificante. El sistema de cultivo con biofloc son agregados de microalgas, bacterias, protozoos, zooplancton, nematodos y materia orgánica particulada, como las heces y el alimento no consumido. Existe un pellet comercial a base de granos como trigo, maíz, arroz, entre otros, que favorece el crecimiento de estos microorganismos.

El sistema de cultivo nitrificante se basa en que, la mezcla orgánica y la melaza favorecen el crecimiento poblacional de bacterias nitrificantes (*Nitrosomonas* y *Nitrobacter*), las cuales son las encargadas de acelerar el proceso químico del ciclo del nitrógeno en el agua, utilizando el carbono orgánico disponible en el medio.

El presente estudio se realizó en la finca Ixtán, Champerico, Retalhuleu, por un periodo de 120 días de cultivo, utilizando 6 estanques de 1Ha cada uno, en 3 de los cuales se aplicó el sistema de cultivo biofloc, revistiéndolos con Linner y 3 en sistema de cultivo nitrificante totalmente de tierra. Para ambos tratamientos se tomaron los parámetros físico-químicos: oxígeno, temperatura y salinidad, los cuales no mostraron variación significativa, manteniéndose los rangos de temperatura entre 28.6 y 32.1°C, los rangos de oxígeno entre 5.4 y 7.8 mg/L y la salinidad con un promedio de 30ppt. Esto muestra que el oxígeno y la salinidad no influyeron en los resultados de esta investigación, sin embargo la temperatura se ve elevada en un periodo de tiempo lo cual si pudo haber influido en el metabolismo de los organismos.

El registro semanal del crecimiento del camarón tuvo un incremento promedio entre 0.8 y 1.2 gramos/organismo, y al finalizar el cultivo se realizó una comparación del rendimiento en

biomasa de los camarones cultivados con ambos sistemas biofloc y nitrificante, la cual demostró que no hubo diferencia estadística significativa ( $p > 0.05$ ) entre los dos sistemas evaluados. Sin embargo en el sistema biofloc se presentó una diferencia en el crecimiento de al menos un gramo/organismo para cada repetición en comparación con el sistema nitrificante, reportándose pesos promedio por tratamiento para enero 0.8, febrero 4.83, marzo 10.40 y abril 17.07 para el sistema biofloc y para el sistema nitrificante en enero 0.8, febrero 4.57, marzo 9.80 y abril 15.93.

## ABSTRACT

The marine shrimp, *Penaeus vannamei* is a world high demand organism, by what its production must find others alternatives of cultivation to have better efficiency and get greater sizes in less time, as well as less use of food balanced and spare parts of water.

Some of the alternatives that have been recently studied in aquaculture to improve the efficiency of farming are farming with biofloc system and nitrifying system. The culture with biofloc system expressed as aggregates of microalgae, bacteria, protozoa, zooplankton, nematodes and particulate organic matter, such as feces and uneaten food. There is a commercial pellet as carbon source, containing wheat, corn, rice, among others, which enhances the growth of these microorganisms.

The system of nitrogen-base culture, nitrifying system, combines the organic mixture and molasses nourishing the growth of nitrifying bacteria such as *Nitrosomonas* and *Nitrobacter*, which are responsible for accelerating the chemical bio transformations of nitrogen in the water cycle, using the available organic carbon as energy source.

The present study was conducted in the state Ixtan, Champerico, Retalhuleu, for 120 days experimental-period time. Six 1 Ha ponds were used as experimental units, 3 linner-covered ponds were evaluated under the biofloc system and 3 earth ponds without cover were used to evaluate nitrifying system. Physico-chemical parameters such as: oxygen, temperature and salinity were evaluated on both systems, as well as zoometric shrimp behaviour weekly and the end of the experimental period was assessed, As results, the dissolved oxygen varied from 5.4 and 7.8 mg / L and salinity average 30 ppt during the experimental period, non statistical differences were detected between these variables ( $P > 0.05$ ). Nonetheless, temperature ranges showed variations between 28.6 and 32.1 ° C, the temperature rises may influence negatively on the shrimp performance, in general.

Shrimp growth rate varied from 0.7 and 1.2 grams/shrimp/ week in both systems, however the shrimp growth rate in biofloc systems was a little higher than nitrifying systems, non statistical differences were detected ( $P>0.05$ ). As results the growth performance between systems showed weight as describes as follows: for Biofloc system January 0.8g/shrimp, February 4.83 g/shrimp, March 10.40g/shrimp and April 17.07 g/shrimp, and for the Nitrifying system un January 0.8, February 4.87, March 9.80 and April 15.93.

Eventhough non statistical differences were detected between systems, as biomass expressed total yield, the biofloc system showed better yield making easier the product marketing.

As suggestion as future actions in similar studies should include economic-financial analysis to get accurate decision-making shrimp culture activities.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
2.1.	Marco referencial	3
2.2.	Marco conceptual	5
2.2.1.	Siembra de camarón marino	5
2.2.2.	Calidad del agua para cultivo de camarón marino	5
2.3.	Sistema biofloc	7
2.4.	Sistema de cultivo nitrificante	9
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
3.1.	General	12
3.2.	Específicos	12
<b>4.</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>13</b>
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>14</b>
5.1.	Ubicación geográfica	14
5.2.	Variables	15
5.3.	Diseño experimental	15
•	Tipo de diseño	15
•	Tratamientos	15
•	Repeticiones	15
•	Unidades experimentales	16
•	Variables respuestas	16
•	Croquis de la finca	16
5.4.	Manejo acuícola del cultivo	17
5.5.	Análisis de la información	19
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>20</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>26</b>

<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>27</b>
<b>10. ANEXO</b>	<b>30</b>

## **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura No. 1.</b> Ciclo del biofloc en el cultivo de camarón	7
<b>Figura No. 2.</b> Ciclo del nitrógeno en un sistema acuático	10
<b>Figura No. 3.</b> Champerico, Retalhuleu	14
<b>Figura No. 4.</b> Croquis de Finca Ixtán	16
<b>Figura No. 5.</b> Oxígeno promedio mensual en piscinas evaluadas	20
<b>Figura No. 6.</b> Temperatura promedio mensual en piscinas evaluadas	21
<b>Figura No. 7.</b> Salinidad promedio en piscinas evaluadas	21
<b>Figura No. 8.</b> Resultados de rendimiento acumulado en peso del camarón por tratamiento	22
<b>Figura No. 9.</b> Factor de conversión alimenticia por tratamiento durante el ciclo de cultivo	23
<b>Figura No. 10.</b> Peso promedio final por piscina	24

## **ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro No. 1.</b> Productos utilizados en la preparación de los estanques para sistema biofloc	17
<b>Cuadro No. 2.</b> Productos utilizados en la preparación de los estanques para sistema nitrificante	18

## ÍNDICE DE ANEXO

**Anexo No. 1.** Prueba de t de Student en oxígeno

**Anexo No. 2.** Prueba de t de Student en temperatura

**Anexo No. 3.** Prueba de t de Student en salinidad

**Anexo No. 4.** Análisis bifactorial

**Anexo No. 5.** Análisis bifactorial

**Anexo No. 6.** Comparación de los valores

**Anexo No. 7.** Análisis de varianza del FCR

**Anexo No. 8.** Análisis estadístico para el FCR

**Anexo No. 9.** Resultados de rendimiento en peso del camarón por tratamiento

## 1. INTRODUCCIÓN

Para el año 2012, según FAO, la industria guatemalteca sumó 1,259 hectáreas destinadas a la producción de camarón reportando un mayor número de exportaciones cada año, siendo la costa sur el área de cultivos de camarón marino por su cercanía con el mar.

Por la alta demanda de camarón a nivel mundial, es necesario utilizar nuevas técnicas de cultivo que generen mayor crecimiento en el menor tiempo posible, siempre tomando en cuenta la calidad del producto. En el sistema biofloc se utiliza “grain pellet” el cual está hecho a base de granos de trigo, maíz, arroz, y es utilizado como parte de la ración alimenticia, esto hace que las bacterias reaccionen químicamente y transformen el amonio del agua, utilizando los carbohidratos de los granos como fuente de energía, la cual es ingerida activa y pasivamente por los organismos mediante filtración; éste sistema de cultivo es una alternativa alimenticia que reduce el uso del agua en recambios, al ser aprovechado el material en suspensión, por los camarones.

En cuanto al sistema nitrificante, éste sistema permite que las bacterias nitrificantes aceleren el proceso químico del ciclo del nitrógeno, lo cual indica que el amonio, pasa a nitritos y luego a nitratos, éstas bacterias, utilizan el carbono orgánico disponible en el medio; para lo cual en la camaronicultura se utiliza mezcla orgánica como componente principal para la reproducción de las bacterias encargadas de realizar la nitrificación.

La presente investigación se realizó en la finca Ixtán, por 120 días de cultivo (de diciembre a abril) en 6 estanques de aproximadamente 1 Ha cada uno, 3 en cultivo biofloc y 3 en cultivo nitrificante; se tomaron los parámetros físico-químicos: oxígeno, temperatura y salinidad y se registró semanalmente el crecimiento del camarón, realizándose al finalizar el cultivo una comparación del rendimiento en biomasa de los camarones cultivados con los diferentes sistemas, biofloc y nitrificante.

La importancia de ésta investigación radica en determinar la eficiencia de los tratamientos en el cultivo del camarón marino para reducir costos en alimentación al aprovechar al máximo el

alimento presente en el cultivo, disminución de recambios y menor impacto ambiental por la reducción de descargas orgánicas al medio natural.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Marco referencial

El Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP] (2008), estima que la pesca y acuicultura en Guatemala generaron en el año 2004 un valor bruto cercano a los US\$ 45.6 millones. En los últimos cinco años, la acuicultura se ha convertido en el sector agropecuario siendo de mayor crecimiento. La población nacional que se beneficia directamente de la actividad pesquera se cuantifica en 155,000 familias, las cuales se distribuyen dentro de los primeros cien (100) kilómetros distantes de la costa. En el país existen diferentes tipos de pesquerías a nivel artesanal e industrial.

El Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], de la Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano [OSPESCA] (2010), indican que el cultivo de camarón es uno de los sectores de la acuicultura con más rápido crecimiento en Asia y Latinoamérica y recientemente en África. La sostenibilidad de la acuicultura del camarón se debe alcanzar con el reconocimiento y mitigación a corto y largo plazo de los efectos al medio ambiente y a la comunidad. Se debe mantener para ello una viabilidad económica y biológica en el tiempo y proteger los recursos costeros de los cuales ella depende.

Sierra de la Rosa (2006), demuestra en investigaciones realizadas anteriormente que la presencia de biofloc puede incrementar el crecimiento en un 15% y disminuir el Factor de Conversión Alimenticia-FCR- en un 40%, lo que significa que el camarón se puede beneficiar de la calidad nutricional del biofloc y la autoridad es más rentable.

Muylder, Claessens, y Herizi (2010), establecen que en el cultivo de camarón es posible producir una alimentación bien balanceada sin la utilización de proteínas marinas, siempre y cuando las fuentes de proteínas sean digestibles y los aminoácidos estén balanceados. La combinación de una dieta balanceada y la utilización de biofloc permiten una producción sostenible de camarón que hace más rentable el cultivo, con mínimo o ningún recambio de agua durante el ciclo, representando un ahorro de agua.

Schweitzer, et al. (2013), científicos del Marine Shrimp Laboratory de la Universidad Federal de Santa Catarina [UFSC] (2013) y el Laboratorio de Química Oceanográfica de la University of The Itajaí Valley [UNIVALI] (2013), evaluaron los efectos de los siguientes niveles de bioflocs en base a las concentraciones de sólidos suspendidos totales (TSS): 200 mg/L (T200), 400-600 mg/L (T400-600), y 800-1000 mg/L (T800-1000) sobre la actividad microbiana, calidad del agua y el desarrollo del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) cultivados en tanques sin recambio de agua durante 44 días. Los científicos indicaron que los niveles intermedios de bioflocs (T400-600 mg/L) parecen ser los más adecuados para el cultivo superintensivo de camarón blanco luego de que la tasa de supervivencia y biomasa final del camarón fueran bastante bajas cuando las concentraciones de TSS fueron de 800 mg/L; esto está relacionado con la oclusión de las branquias de los camarones.

Lezama, Paniagua, Zamora (2010), desarrollaron un sistema de recirculación integrando el cultivo del camarón con tapetes microbianos buscando mitigar los impactos ambientales de los subproductos del cultivo del camarón y avanzar hacia la biorremediación del agua de cultivo. Los consorcios microbianos obtenidos de ambientes naturales estuvieron constituidos por bacterias (55,6%), cianófitas (18,4%), diatomeas (9%), nemátodos (5,6%) y clorófitas (1,4%), entre los grupos taxonómicos principales. La remoción de nutrientes y sólidos se evaluó en un sistema de recirculación (2 ciclos/hora) conteniendo (n = 3) 60 y 120 org/m<sup>2</sup> de *Penaeus vannamei*. Los resultados demostraron que los ambientes naturales redujeron los niveles de nitrógeno amoniacal por encima del 71% diariamente; la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) se redujo más de 68% y los sólidos suspendidos (SST) hasta en 62% al compararse con los sistemas control (p < 0,05). Los ambientes naturales secuestran la materia orgánica y mineral y ejercen un efecto clarificador en la columna de agua. La descomposición de la materia orgánica se debe al acoplamiento estrecho entre fotoautótrofos y nitrificantes contenidos en los ambientes naturales. Esta condición aumenta los niveles de nitrógeno inorgánico en la columna de agua y acelera la nitrificación por arriba de 10 mg N-NO<sub>3</sub>-L-1 (120 org/m<sup>2</sup>), con lo cual se produce un aumento de hasta 750% más nitratos que los sistemas de control. La remoción del fósforo no fue significativa (p > 0,05). El agua bio-remediada tiene un efecto positivo en el cultivo de *Penaeus vannamei*, y promueve el crecimiento y sobrevivencia en presencia de ambientes naturales en el sistema de recirculación.

## 2.2. Marco conceptual

### 2.2.1. Siembra de camarón marino

Según Limsuwan (2005), el vaciado sanitario aplicado en toda la granja o en una parte de esta, permite tener el tiempo necesario para un buen secado y preparación de los estanques. Esto contribuye al desarrollo de camarones sanos ya que favorece un equilibrio químico, físico y biológico en el estanque. El drenado, secado, manejo de sedimentos, limpieza, evaluación del estado del fondo y encalado, son actividades que contribuyen a disminuir los riesgos de enfermedades en los estanques de tierra.

Limsuwan (2005), revela que el proceso de siembra de los estanques, es definitivo para el éxito del cultivo y, por consiguiente, se deben tomar en consideración todas las recomendaciones relacionadas con la fuente y calidad de las postlarvas, aclimatación y siembra de las mismas en los estanques en estadíos entre pL8 a pL12.

### 2.2.2. Calidad del agua para cultivo de camarón marino

Según Limsuwan (2005), el manejo de los parámetros físico-químicos es importante para el éxito del cultivo intensivo. Para monitorear los parámetros físico-químicos son necesarios los siguientes instrumentos:

- a. Medidor de oxígeno disuelto y de temperatura del agua
- b. Salinómetro
- c. Medidor de pH
- d. Medidor de alcalinidad
- e. Disco Secchi para medir transparencia
- f. Medidor de amonio y nitritos

Para mantener una concentración mínima de 4 mg/L de oxígeno disuelto, se usa un nivel de aireación entre 18.0 y 36.0 HP/ha, dependiendo de la densidad de siembra.

Limsuwan (2005), establece que la aireación se incrementa paulatinamente durante el cultivo para mantener el nivel mínimo de oxígeno. Cuando la biomasa es alta se mantienen algunos aireadores encendidos las 24 horas para mantener el flujo de agua evitando la aglomeración de camarones (que les produce lesiones) y fomentar el continuo desplazamiento del camarón.

Limsuwan (2005), fundamenta que una buena aireación se puede evaluar por el tamaño de las burbujas. Cuanto más pequeñas las burbujas, es mejor la tasa de intercambio de oxígeno.

Según Limsuwan (2005), la temperatura óptima de cultivo debe fluctuar entre 27 y 31° C. Por debajo de este rango el crecimiento es lento y arriba de 31° C el animal pierde peso por alto metabolismo necesitando consumir mayor energía expresando en más alimento balanceado.

Según Limsuwan (2005), durante los meses de Noviembre a Enero normalmente se suspenden los cultivos porque la temperatura del agua baja a 20° C en promedio. Algunas camaroneras cultivan durante este periodo debido a la buena calidad de la larva a pesar de las bajas temperaturas.

Limsuwan (2005), menciona que el nivel mínimo de salinidad para una producción arriba de 18TM/Ha es 4.0 ‰. Si la salinidad es menor, se siembra a menos de 60 larvas / m<sup>2</sup> para una menor producción. Se prefieren los cultivos arriba de 4.0 ‰ de salinidad para alcanzar productividades altas sin problemas, debido a que cuando se siembra a menores salinidades se presentan problemas por falta de minerales.

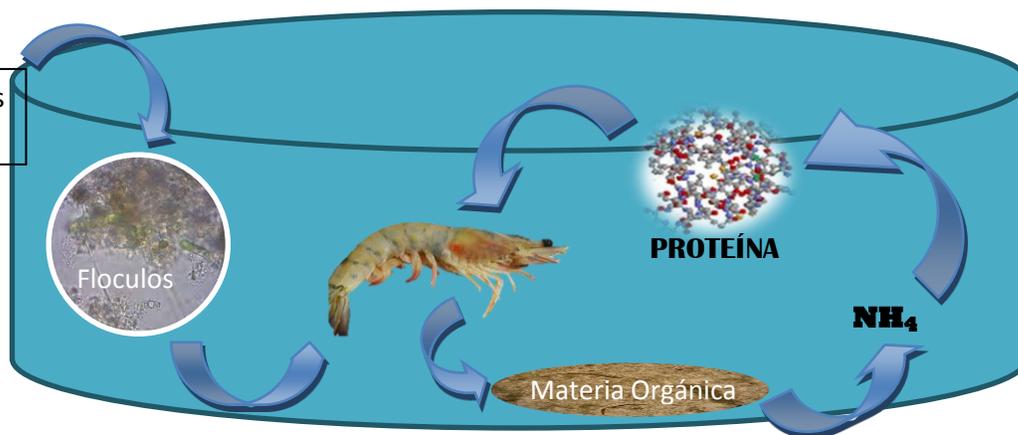
Limsuwan (2005), indica que el rango óptimo de pH para el cultivo de camarón es de 7.5 en la mañana y 8.5 en la tarde. Debido a las siguientes razones:

- a. Los iones más temidos en el cultivo son el amonio no ionizado (NH<sub>3</sub>) lo cual provoca toxicidad en el agua y el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) lo que provoca toxicidad ácida durante la muda del camarón.
- b. Para mudar el camarón tiene que bajar el pH de su cuerpo para lograr disolver las sales pegadas a su caparazón y así puedan ser reabsorbidas por el nuevo caparazón. Si el pH es alto el camarón no puede mudar.

- c. Los iones de carbono a diferente pH tienen diferentes efectos en el camarón: Si el pH se encuentra en el rango de 7.5-8.3 el ion predominante será el  $\text{HCO}_3^-$  lo cual dará un efecto amortiguador (Buffer), si el pH está entre 8.4-9.9 el ion predominante será  $\text{CO}_3^{2-}$  lo cual dará un efecto de bloqueo del proceso de muda y si el pH es más de 10 el ion predominante será  $(\text{OH})^-$  lo cual provocara la mortalidad. Los iones de amonio se presentan de dos formas dependiendo del pH. Así tendremos  $\text{NH}_4^+$  (amonio ionizado) a pH bajo sin causar toxicidad en el agua, mientras que a pH alto (más de 8.5) se presenta en su forma toxica el  $\text{NH}_3$  (amonio no ionizado).

### 2.3. Sistema biofloc

Según Muylder, Claessens, y Herizi (2010), el biofloc son agregados de microalgas, bacterias, protozoos y otras clases de materia orgánica particulada como las heces y el alimento no consumido, también incluye a algunos animales que “pastorean” en los flocs, como el zooplancton y los nematodos, que se aplican en la acuicultura y sirven como nutrientes para el camarón. Las ventajas de utilizar este sistema es que disminuye el uso de agua, toma el amonio del agua y lo convierte en proteína. Los camarones consumen la proteína activa o pasivamente por filtración (Figura No. 2.).



**Figura No. 1.** Ciclo del biofloc en el cultivo de camarón (Trabajo de campo, 2012)

De acuerdo con el documento de calidad nutricional de Barry (2011), el biofloc para los animales en cultivo es adecuado pero variable. El contenido de proteína cruda en base seca del biofloc varía de 25 a 50%; el contenido de grasa va de 0.5 a 15%; sin embargo, no existen informes

claros sobre la cantidad de aminoácidos como la metionina y lisina. Los bioflocs son buenas fuentes de vitamina y minerales, especialmente de fósforo; y podrían tener efectos probióticos.

Barry (2011), indica que un factor básico en el diseño de los sistemas de biofloc es la especie que se va a cultivar. Estos sistemas trabajan mejor con especies que son capaces de aprovechar algunos beneficios nutricionales del consumo directo del biofloc; además, de especies que puedan tolerar altas concentraciones de sólidos en el agua y tolerantes a la calidad del agua pobre.

Según Muylder, Claessens, y Herizi (2012), el sistema biofloc en el cultivo de camarón marino no solo mantiene buena la calidad del agua sino también provee a los camarones nutrientes esenciales y enzimas autolíticas capaces de mejorar el comportamiento alimenticio de los camarones. Esto funciona como alimento adicional lo cual hace posible obtener mayor crecimiento y menor FCA (Factor de Conversión Alimenticia) además evita recambios de agua e incrementa la bioseguridad por la posible presencia de patógenos en la fuente de agua.

Muylder, Claessens, y Herizi (2012) también indican que para el cultivo comercial del camarón utilizando el sistema biofloc, es necesario que los estanques estén revestidos de polietileno de alta densidad (liner), o de concreto, alta densidad de siembra y aireación de 28 – 32 hp / Ha. Una vez que los estanques están sembrados, un factor importante para controlar es el volumen de biofloc. Usando conos de Imhoff para la evaluación, el volumen de biofloc necesita mantenerse por debajo de 15 ml/L. Al menos dos muestras deben tomarse simultáneamente en dos ubicaciones por debajo de la superficie del agua. El agua verde o marrón es aceptable, pero el agua negra es un indicador de condiciones anormales.

Según Panorama Acuícola Magazine (2013), los granos y melaza granulados / peletizados se utilizan para mantener proporciones de carbono: nitrógeno por encima de 15. Además de los productos químicos típicos tales como dolomita y cal, caolín se requiere en la preparación de agua de los estanques y durante las operaciones de producción. El caolín se aplica a 50-100 kg/ Ha una vez o dos veces por semana.

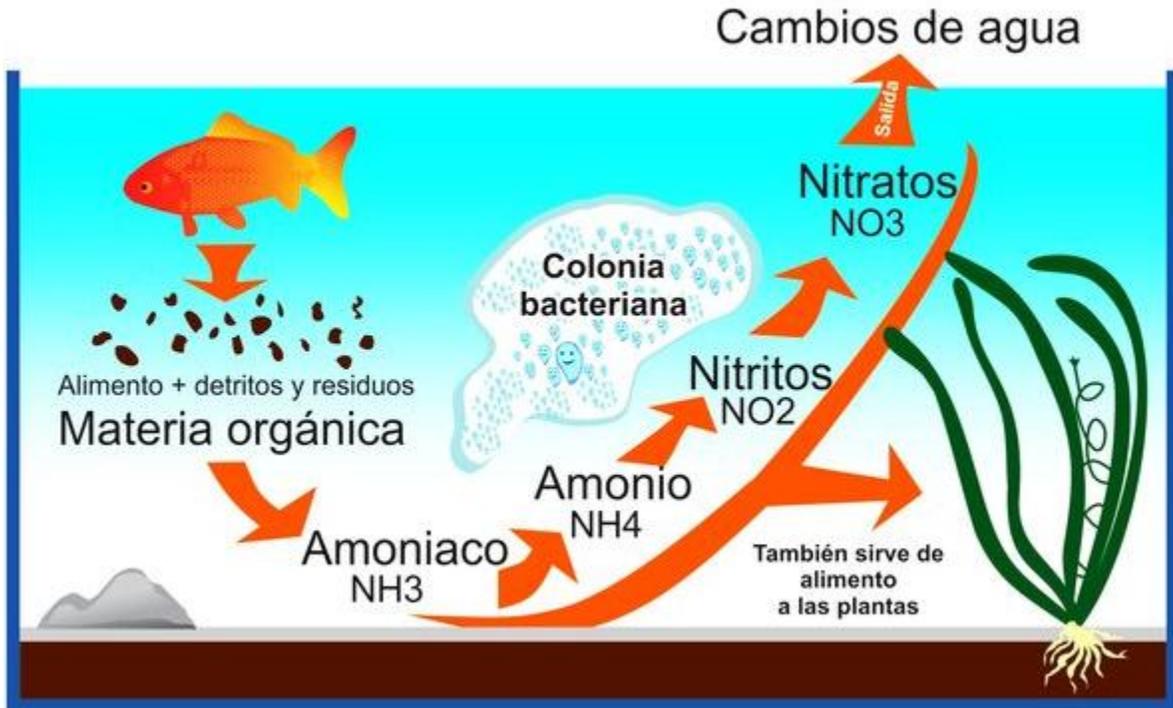
## 2.4. Sistema de cultivo nitrificante

Jarpa, et al. (2007), indican que el ciclo de nitrógeno es fundamental para la vida, consta de varias etapas: la primera es la amonificación, en la cual se produce la conversión de nitrógeno orgánico en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ); a continuación ocurre el proceso de nitrificación en el cual el  $\text{NH}_4^+$  es oxidado por las bacterias nitrificantes *Nitrosomonas* a nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y *Nitrobacter* a nitratos ( $\text{NO}_3$ ), siendo esta una etapa de gran importancia ya que el amonio ionizado a altas concentraciones resulta ser tóxico para la vida acuática. En ausencia de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) se produce la desnitrificación, en la cual el  $\text{NO}_3$  es reducido a  $\text{NO}_2$ , siendo sus productos finales el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ), vía que constituye pérdida de  $\text{N}_2$  en forma gaseosa. La capacidad de las bacterias de reducir el  $\text{NO}_3$  al  $\text{NO}_2$  o  $\text{N}_2$  ocurre en presencia de bajos niveles de oxígeno y en esta etapa el aceptor final de electrones es el  $\text{NO}_3$  en lugar de la respiración, siendo necesario que el medio no cuente con oxígeno libre.

Según Mendoza (2009), todas las grandes transformaciones del nitrógeno inorgánico en el medioambiente, tales como la asimilación de nitrógeno, la nitrificación y desnitrificación se llevan a cabo exclusivamente por microorganismos. La nitrificación transforma el amoniaco a nitrito y nitratos, es un importante proceso del ciclo del nitrógeno en los ecosistemas acuáticos.

Según Sánchez, y Ching (2003), el proceso de convertir el amonio no ionizado a nitrito y luego a nitrato, con participación de las bacterias nitrificantes es denominado nitrificación.

Campbell, y Ogden (1999), indican que las bacterias nitrificantes se consideran bacterias autótrofas, o bacterias que utilizan el  $\text{CO}_2$  como fuente de carbono para su crecimiento. Son organismos sensibles a las variaciones medioambientales, su crecimiento puede ser inhibido por varios factores medioambientales. Entre los factores inhibidores están las altas concentraciones de amonio, bajas temperaturas, un pH fuera del rango entre 6,5 y 8,6 y una baja cantidad de oxígeno disuelto ( $< 1 \text{ mg/l}$ ). El proceso de nitrificación puede hacer cambiar el pH del sistema de manera espectacular. Por cada miligramo de amonio oxidado, la alcalinidad del agua residual es consumida, como  $\text{CaCO}_3$ , a un ritmo de 7,14 mg de alcalinidad. Si la concentración de alcalinidad en el agua residual no es suficiente, el pH caerá al oxidarse el amonio.



**Figura No. 2.** Ciclo del nitrógeno en un sistema acuático (La Alberca, 2013)

Según Campbell y Ogden (1999), el ritmo de nitrificación también está afectado significativamente por el porcentaje de nitrificadores presentes en el agua residual. Cuando la concentración de materia orgánica biodegradable, medida como  $\text{DBO}_5$ , es alta, las bacterias heterótrofas o bacterias que usan el carbono orgánico, dominan la población bacteriana. Normalmente, la población de bacterias nitrificantes será suficientemente grande para empezar el proceso de nitrificación cuando la  $\text{DBO}_5$  cae por debajo de los 80 mg/l.

Sánchez y Ching (2003), mencionan que a través de la preparación y llenado del estanque, donde se agrega substratos cuyos principales componentes son a base de carbono orgánico disponible, se favorecerá la multiplicación de bacterias nitrificantes ingresantes con el agua, bacterias nitrificantes comercialmente disponibles y adicionadas y/o los preparados en el mismo campo camaronero.

Mendoza (2009), menciona que para el buen desarrollo y multiplicación de bacterias nitrificantes en estanques de cultivo intensivo de camarón es necesario que haya una concentración mínima de oxígeno disuelto de 4 mg/L, además que para que se desarrolle una población de manera

apropiada y que sea capaz de remover el amonio y nitrito, al menos se requiere de dos semanas de tiempo después de llenado el estanque. Las bacterias nitrificantes llegan a ser ineficientes a concentraciones de OD por debajo de 2 mg/L y muchas de ellas mueren intoxicadas por los altos valores de compuestos nitrogenados existentes sin degradar. Cuando el pH se encuentra abajo de 6.8, las bacterias nitrificantes son inhibidas y no removerán los desechos nitrogenados.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. General

- Determinar el rendimiento en peso del camarón, *Penaeus vannamei*, en los sistemas nitrificante y biofloc en la finca Ixtán.

#### 3.2. Específicos

- Evaluar los parámetros físico-químicos (oxígeno, temperatura y salinidad) de los sistemas biofloc y nitrificante en el cultivo de camarón blanco.
- Comparar la eficiencia de los dos sistemas, biofloc y nitrificante, mediante el rendimiento en peso del camarón marino *P. vannamei* en cautiverio.
- Determinar el Factor de Conversión Alimenticia entre los diferentes tipos de sistemas de cultivo.

#### 4. HIPÓTESIS

H0: Los sistemas nitrificante y biofloc no inciden en el rendimiento en peso del camarón *Penaeus vannamei* bajo condiciones de cultivo.

H1: Los sistemas nitrificante y biofloc inciden en el rendimiento en peso del camarón *Penaeus vannamei* bajo condiciones de cultivo.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Ubicación geográfica

La finca Ixtán se encuentra en el municipio de Champerico, el cual, es un puerto ubicado al sur de Guatemala, a 224 km de ésta ciudad; con una extensión territorial de 0.416 km<sup>2</sup>, a una altura sobre el nivel del mar de 1 msnm, perteneciente al departamento de Retalhuleu, de clima muy cálido todo el año ya que sus temperaturas varían entre 24°C a los 36°C y precipitación fluvial promedio de 1083 mm con una diferencia entre el mes más seco y el más lluvioso de 222 mm. Hay 2 zonas de vida según De La Cruz, J. R (1983), el Bosque Seco Subtropical, que es una faja angosta de 3 a 5 Km de ancho a lo largo del litoral, con precipitaciones que van de 800-995mm anuales y el Bosque Húmedo Subtropical (cálido) que tiene un régimen de lluvias de 1000 a 1200 mm anuales.

La población se dedica principalmente a la pesca y explotación de manglares, sin embargo esta actividad ha sido cancelada por la tala desmedida de éstos para material de vivienda.

Éste estudio se realizó de enero a abril, por un periodo de 120 días de cultivo.



**Figura No. 3.** Champerico, Retalhuleu (DeGuate, 2010)

## 5.2. Variables

Se evaluaron el rendimiento en peso en gramos y parámetros de calidad de agua (oxígeno, temperatura y salinidad) promedio durante el ciclo de cultivo.

## 5.3. Diseño experimental

- Tipo de diseño

Completamente al azar: Este diseño consiste en la asignación de los tratamientos en forma completamente aleatoria. Debido a su aleatorización, es conveniente que se utilicen unidades experimentales lo más homogéneas posible: animales de la misma edad, genética, del mismo peso, y similar estado fisiológico; estanques de igual tamaño; a manera de disminuir la magnitud del error experimental, ocasionado por la variación intrínseca de las unidades experimentales.

- Tratamientos

En esta investigación se evaluaron dos tratamientos:

### T1: Sistema Biofloc

Este sistema de cultivo es a base de bacterias que forman colonias, toman el amonio del agua y lo transforman en proteínas, las cuales son absorbidas por los camarones. Esto reduce el factor de conversión alimenticia (FCA) y mejora el crecimiento del camarón reduciendo costos.

### T2: Sistema Nitrificante

En este sistema de cultivo se promueve el crecimiento de las bacterias *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*, las cuales aceleran el proceso de nitrificación en el agua y ayudan a eliminar los desechos nitrogenados en el agua, promoviendo así el crecimiento de los organismos.

- Repeticiones

Utilizando el diseño experimental completamente al azar, se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento en los cuales los factores como días de cultivo y ubicación de los estanques fueron similares.

- Unidades experimentales

Se utilizaron 6 estanques rectangulares de 1 ha de área aproximadamente, con similitudes en cuanto a posición, el mismo personal para la toma de datos de calidad del agua y crecimiento para obtener un control lo más preciso posible.

Los tres estanques con sistema biofloc, revestidos con liner y los tres estanques con sistema nitrificante sin revestir con fondo de tierra, esto debido a que las bacterias se desarrollan mejor en un ambiente natural.

- Variables respuestas

Rendimiento en peso en gramos del camarón cosechado.

Factor de Conversión Alimenticia- FCR-

- Croquis de la finca



**Figura No. 4.** Croquis de Finca Ixtán (Trabajo de campo, 2012)

#### 5.4. Manejo acuícola del experimento

La preparación de los estanques para los sistemas biofloc y nitrificante, se muestran en los Cuadros No. 1 y No. 2.

Para la preparación de los estanques de sistema biofloc, se realizó el procedimiento que a continuación se presenta:

**Cuadro No. 1.** Productos utilizados en la preparación de los estanques para sistema biofloc

Día	1	3	5 al 17	18
Producto	Bactericida	Sulfato de Cobre	Alimento balanceado a base de granos (Grain pellet)	Siembra larva pL 8
			Melaza	
			Silicatos	
			Nitrógeno nítrico	

**Fuente:** Trabajo de campo, 2012.

Para el sistema nitrificante luego del llenado se realizó el procedimiento que se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro No. 2.** Productos utilizados en la preparación de los estanques para sistema nitrificante

Día	1	3	5	9 al 17	18
Producto	Bactericida	Sulfato de Cobre	Super fosfato	Cal hidratada	Siembra de larva pl 8
		Nitrato de sodio	Mezcla orgánica	Melaza + Bacilos	
			Nitrato de sodio	Mezcla orgánica	

**Fuente:** Trabajo de campo, 2012

Luego de la siembra en ambos sistemas se llevó un control de parámetros de calidad del agua y de la alimentación de las larvas. La alimentación en el sistema biofloc se compone del 85% de concentrado balanceado y el 15% de “grain pellet”, en cuanto al sistema nitrificante la alimentación es completamente de concentrado balanceado.

Se realizaron muestreos semanales de crecimiento por 16 semanas, hasta la cosecha y luego de realizada ésta misma se evaluó el Factor de Conversión Alimenticia- FCR- mediante el peso final del camarón y el alimento consumido durante el periodo de engorde.

Para obtener los datos del factor de conversión alimenticia se utilizó la siguiente fórmula:

$$FCA= AC/ GP$$

Donde FCA= Factor de Conversión Alimenticio, AC= alimento consumido, GP= ganancia en peso

## 5.5. Análisis de la información

La información se analizó realizando una prueba de análisis de varianza para dos factores (Bifactorial), siendo los factores el sistema de cultivo y el tiempo de cultivo en meses, para evaluar si existe diferencia significativa en cada uno de los factores y entre la interacción entre ambos.

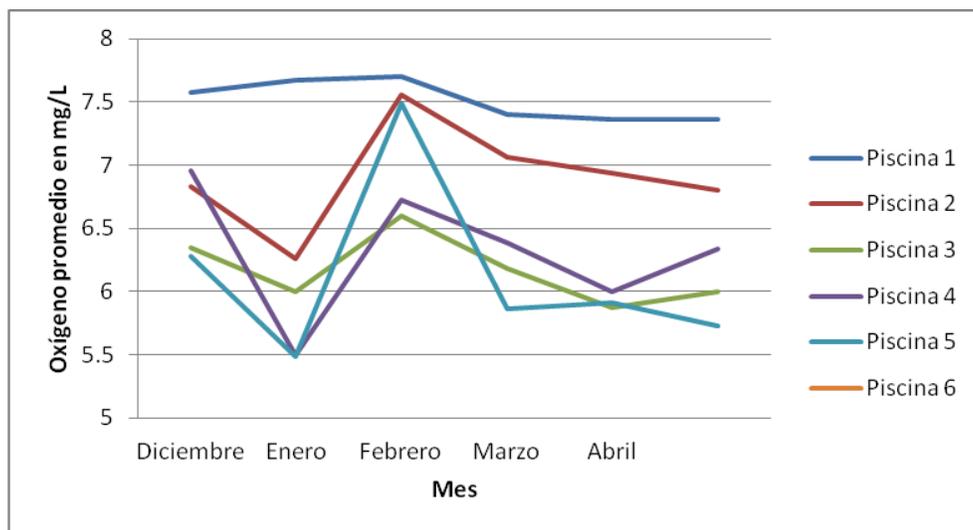
También se realizaron 3 pruebas de hipótesis para diferencias entre medias para conocer si los sistemas de cultivo inciden en 3 parámetros físico-químicos los cuales fueron: temperatura, salinidad y oxígeno. Se utilizó para ambos análisis la herramienta MEGASTAT.

Los materiales que se utilizaron para la recolección de datos fueron los siguientes: Una balanza analítica, una computadora donde se archivaron los resultados en una hoja Microsoft Excel 2010 y tablas diseñadas para la recopilación de información.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

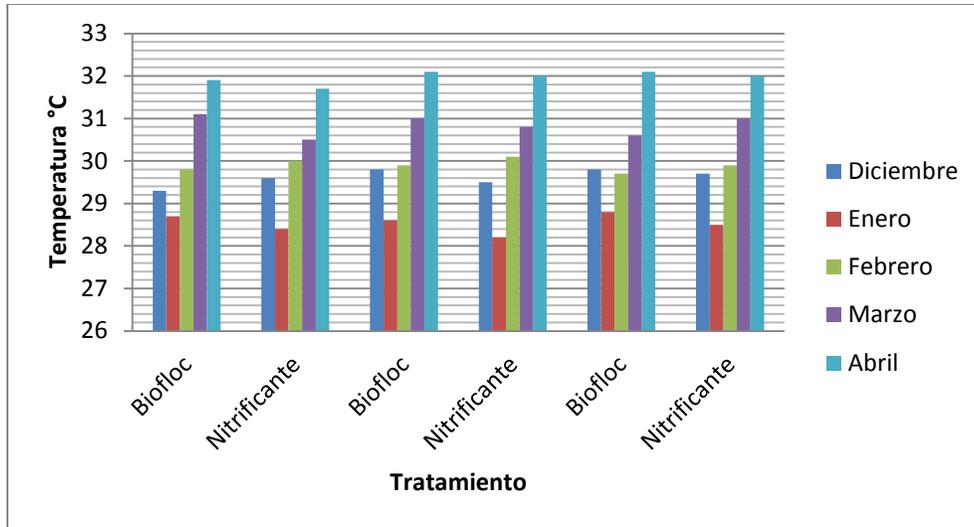
Se utilizaron 3 piscinas con sistema nitrificante (2, 4 y 6) y 3 piscinas con sistema biofloc (1, 3 y 5) para las cuales se tomaron en cuenta que las condiciones ambientales y manejo fueran similares y las piscinas en comparación fueran manipuladas por las mismas personas (mismos alimentadores y supervisores), además que fuera el mismo tiempo de cultivo, la misma cantidad de organismos sembrados en cada estanque y la genética de la larva fuera la misma.

La fase experimental duró 120 días, durante éste periodo se evaluó el peso, la calidad del agua (oxígeno, temperatura y salinidad) y la adecuación de la ración alimenticia conforme al crecimiento de los organismos.



**Figura No. 5.** Oxígeno promedio mensual en piscinas evaluadas (Trabajo de campo, 2012)

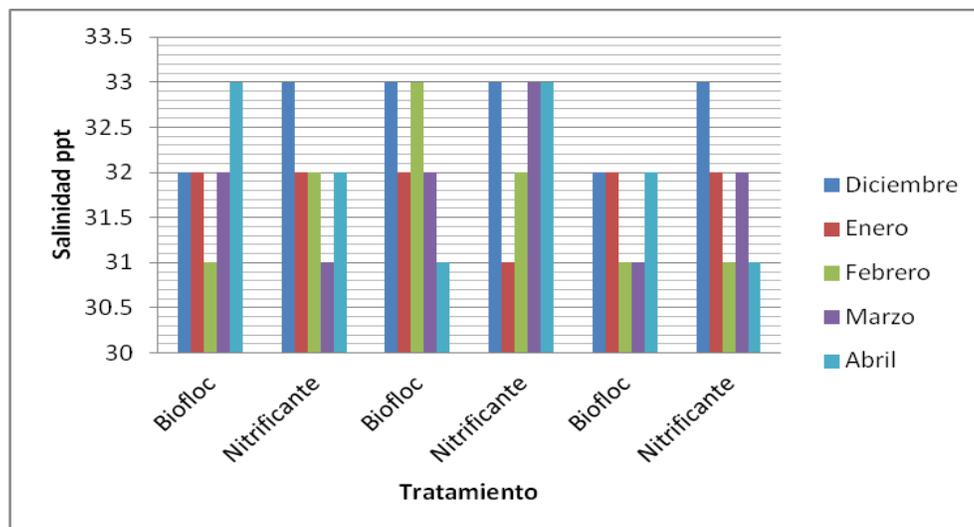
El oxígeno promedio mensual por estanque se mantuvo estable, es decir, no tuvo mayor variación manteniéndose en un rango de 5.4 mg/L a 7.8 mg/L de oxígeno (Figura No. 4) indicando que todas las piscinas se mantuvieron en los rangos óptimos de oxígeno para la acuicultura por lo que se infiere que ésta variable no afectó en los resultados de la producción.



**Figura No. 6.** Temperatura promedio mensual en piscinas evaluadas (Trabajo de campo, 2012)

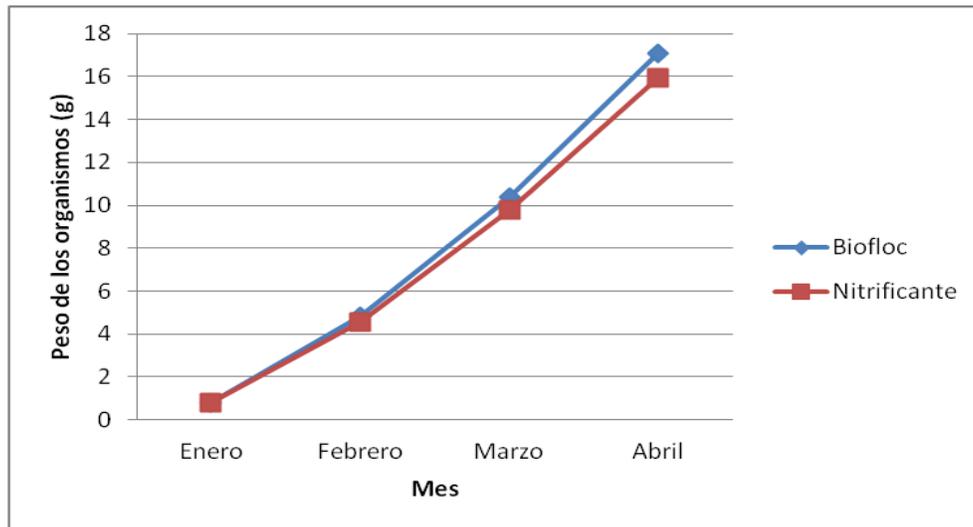
La temperatura fluctuó entre 28.6°C a 32.1°C (Figura No.5) durante el periodo de cultivo. Esto puede ser un factor que influyó en el metabolismo de los organismos manteniéndolo acelerado durante los periodos en que la temperatura se reportó a 32°C o mayor en algunos casos, sobrepasando los límites para el óptimo funcionamiento del cultivo según Limsuwan (2005).

Los resultados de las 3 pruebas en los análisis físico-químicos (oxígeno, temperatura y salinidad) que se evaluaron indicaron que los parámetros de cultivo no incidieron en los sistemas de cultivo durante el ciclo de producción.



**Figura No. 7.** Salinidad promedio en piscinas evaluadas (Trabajo de campo, 2012)

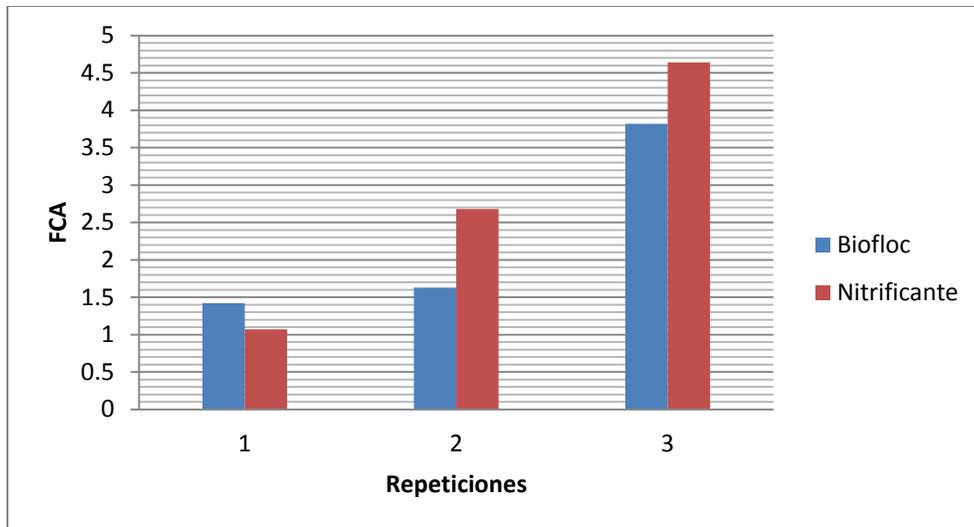
La salinidad en las piscinas durante el periodo de cultivo presentó variaciones debido a la pérdida de agua por evaporación, obligando a reponer el nivel con agua de pozo a baja salinidad, aunque aún así, el promedio mensual como se observa en la Figura No. 6, se mantuvo en rangos que no afectan a los organismos.



**Figura No. 8.** Resultados de rendimiento acumulado en peso del camarón por tratamiento (Trabajo de campo, 2012)

Los resultados del rendimiento acumulado en peso del camarón por tratamiento se muestran en la Figura No. 8, indicando que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (biofloc y nitrificante) en cuanto a rendimiento en peso, por lo que se considera que las diferencias que se observan en los resultados (Ver Anexos) pueden ser atribuidos a situaciones de azar. También dicho análisis manifiesta que el tiempo de cultivo, que es el segundo factor evaluado si influyó en el rendimiento, sin embargo el tiempo de cultivo y el tipo de sistema de cultivo fueron independientes (Ver cuadro de resultados y análisis de varianza en Anexo).

Se aprueba la hipótesis nula planteada ya que los resultados de la evaluación realizada no obtuvieron diferencia estadística significativa ( $P > 0.05$ ) en cuanto al rendimiento de la producción y ambos tratamientos si incidieron en el rendimiento en peso del camarón cultivado.



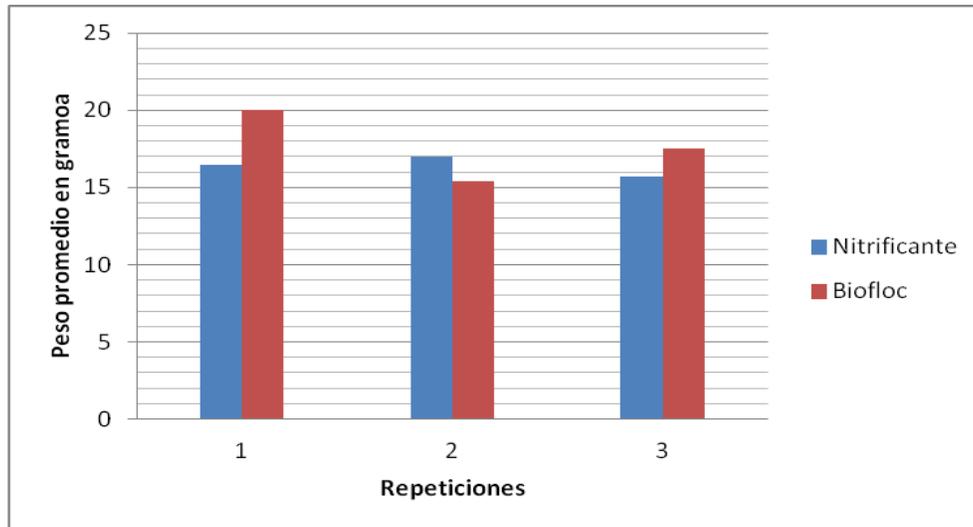
**Figura No. 9.** Factor de conversión alimenticia por tratamiento durante el ciclo de cultivo (Trabajo de campo, 2012)

El factor de conversión alimenticia en las piscinas del sistema biofloc fue menor que en las piscinas de cultivo nitrificante, (habiendo una diferencia significativa en campo de aproximadamente un 20% promedio aunque no se reflejó estadísticamente) lo cual muestra que el uso del sistema biofloc en la acuicultura reduce la cantidad de alimento proporcionado durante el ciclo de cultivo. Durante el periodo de evaluación se alimentó a las piscinas con sistema biofloc en un 85% de alimento balanceado y 15% de “grain pellet”, el cual beneficia la propagación del biofloc; y en el sistema nitrificante se utilizó 100% de alimento balanceado.

Durante el ciclo de cultivo se observó que el camarón se benefició de la calidad nutricional del biofloc un 11%, utilizando así menor cantidad de alimento balanceado y obteniendo mejores resultados en cuanto al rendimiento en peso comparado con los organismos del sistema nitrificante coincidiendo con Sierra (2006), donde señala que investigaciones realizadas anteriormente han demostrado que la presencia de biofloc puede incrementar el crecimiento un 15% y disminuir el Factor de Conversión Alimenticia-FCR- un 40%,

En cuanto al sistema nitrificante, probablemente la ganancia en peso de los organismos fue menor debido a que las bacterias nitrificantes no se desarrollaron adecuadamente, por no encontrarse en sus óptimas condiciones, por factores físico-químicos en el agua que no se

midieron en ésta investigación. Según lo indica Campbell y Ogden (1999), las bacterias nitrificantes se consideran bacterias autótrofas, o bacterias que utilizan el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono para su crecimiento. Son organismos sensibles a las variaciones medioambientales, su crecimiento puede ser inhibido por varios factores medioambientales. Entre los factores inhibidores están las altas concentraciones de amonio, bajas temperaturas, un pH fuera del rango entre 6,5 y 8,6 y una baja cantidad de oxígeno disuelto (< 1 mg/L).



**Figura No. 10.** Peso promedio final por piscina (Trabajo de campo, 2012)

En los estanques trabajados con el sistema biofloc hubo mayor ganancia en peso que en las piscinas con sistema nitrificante durante el ciclo de cultivo como se muestra en la Figura No. 10. En el análisis estadístico (anexo) se indica que no hubo diferencia significativa entre los dos sistemas de cultivo, aunque un gramo de diferencia de peso es revelador al finalizar el ciclo de producción ya que es biomasa producida de 20,000 kg por piscina aproximadamente.

## 7. CONCLUSIONES

1. El oxígeno, temperatura y salinidad no presentaron mayor variación, 5.4 a 7.8 mg/L, 28.6 a 32.1°C y 30 a 31ppm respectivamente, aunque la temperatura se elevó fuera de los rangos óptimos, lo cual pudo haber afectado negativamente en el rendimiento en peso de los organismos.
2. En los organismos evaluados con el sistema biofloc, se reportó una ganancia adicional en promedio de un gramo de peso, aunque estadísticamente no se reportó diferencia significativa en los dos sistemas de cultivo, ésta variación incrementó la biomasa final.
3. No se mostró diferencia significativa en el Factor de Conversión Alimenticia de los sistemas biofloc y nitrificante evaluados para el cultivo de camarón, aunque en los estanques bajo el sistema biofloc requirió menor cantidad de alimento balanceado.
4. Se aprueba la hipótesis nula planteada ya que los resultados de la evaluación realizada no obtuvieron significancia ( $P > 0.05$ ) en cuanto al rendimiento de la producción en comparación con el sistema nitrificante, y ambos tratamientos si inciden en el rendimiento en peso del camarón cultivado.
5. Ambos sistemas de cultivo son eficientes en el cultivo de camarón blanco, aunque se reportó mayor crecimiento en el sistema biofloc que en el sistema nitrificante, sin embargo estadísticamente no hay significancia.

## **8. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda el uso del sistema biofloc en el cultivo de camarón blanco debido a los resultados obtenidos.
2. Continuar con la evaluación del rendimiento del cultivo de camarón blanco tratado con el sistema biofloc y nitrificante modificando los porcentajes de componentes de cada sistema, para conocer el porcentaje óptimo de alimento balanceado y “pellets” de biofloc requerido y así obtener el rendimiento óptimo.
3. Realizar un estudio económico de los sistemas evaluados en esta investigación, para determinar costo- beneficio.
4. Continuar con estudios donde se evalúen diferentes sistemas de producción con el objetivo de mejorar el rendimiento en los cultivos.
5. Evaluar otras especies aptas para cultivo con los mismos sistemas de producción y así establecer la eficiencia de los sistemas nitrificante y biofloc en otros organismos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Barry, U. (2011). *Capacitan a productores en técnicas de cultivo de camarón con bioflocs en India* [en línea]. Recuperado septiembre 7, 2012, de [http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2011/09/05/capacitan\\_a\\_camarones\\_en\\_tecnicas\\_de\\_cultivo\\_de\\_camaron\\_con\\_bioflocs\\_en\\_india.html](http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2011/09/05/capacitan_a_camarones_en_tecnicas_de_cultivo_de_camaron_con_bioflocs_en_india.html)
2. Campbell Craig, S., y Ogden Michael, H. (1999). *Humedales artificiales en un paisaje sostenible* [en línea]. Recuperado mayo 3, 2014, de <http://www.selba.org/EspTaster/Ecologica/Agua/Nitrificacion.html>
3. Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP]. (2008). *Guatemala y su biodiversidad* [en línea]. Recuperado abril 17, 2012, de <http://www.chmguatemala.gob.gt/informacion/libro-biodiversidad-de-guatemala/Capitulo%207.pdf/view>
4. Food and Agriculture Organization [FAO], y Lobato, P. (1992). *Estudio socioeconómico del cultivo de camarón realizado por sociedades cooperativas* [en línea]. Recuperado abril 17, 2012, de <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB493S/AB493S00.htm>
5. FAO. (2012). *Visión general del sector acuícola nacional: Guatemala* [en línea]. Recuperado agosto 16, 2012, de [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_guatemala/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_guatemala/es)
6. Jarpa, M., Aguilar, A., Belmonte, M., Decap, J., Abarzúa, M., y Vidal, G. (2007). *Determinación de la capacidad nitrificante de un sedimento marino proveniente de un centro de cultivo de salmones* [en línea]. Recuperado mayo 3, 2014, de <http://www.scielo.org.ve/pdf/inci/v32n10/art08.pdf>
7. Khun, D., Lawrence, A., y Boardman, G. (2011). *Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, Litopenaeus vannamei* [en línea]. Recuperado mayo 3, 2014, de [http://www.researchgate.net/publication/223085623\\_Evaluation\\_of\\_two\\_types\\_of\\_biof](http://www.researchgate.net/publication/223085623_Evaluation_of_two_types_of_biof)

locs\_derived\_from\_biological\_treatment\_of\_fish\_effluent\_as\_feed\_ingredients\_for\_Pacific\_white\_shrimp\_Litopenaeus\_vannamei

8. Lezama-Cervantes, C., Paniagua-Michel, J., y Zamora-Castro, J. (2010). *Biorremediación de los efluentes de cultivo del camarón Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) utilizando tapetes microbianos en un sistema de recirculación* [en línea]. Recuperado octubre 21, 2014, de <http://www.scielo.cl/pdf/lajar/v38n1/art12.pdf>
9. Limsuwan, Ch. (2005). *Cultivo intensivo del camarón blanco* [en línea]. Recuperado septiembre 13, 2012, de [http://www.alicorp.com.pe/ohs\\_images/nicovita/boletines/manejo\\_cultivo/bole\\_0512\\_01.pdf](http://www.alicorp.com.pe/ohs_images/nicovita/boletines/manejo_cultivo/bole_0512_01.pdf)
10. Mendoza, O. (2009). *Utilización de bacterias nitrificantes como biorremediadoras del agua de cultivo de Litopenaeus vannamei en Tumbes-Perú* [en línea]. Recuperado septiembre 7, 2012, de [http://dspace.unia.es/bitstream/10334/549/1/0100\\_Mendoza.pdf](http://dspace.unia.es/bitstream/10334/549/1/0100_Mendoza.pdf)
11. Muylder, E. de, Claessens, L., y Herizi, M. (2010). *Production of shrimp (Litopenaeus vannamei) without marine proteins in a biofloc system* [en línea]. Recuperado abril 17, 2012, de [http://www.aquaculture-ft.com/images/files/77-production\\_of\\_shrimp\\_in\\_bio-floc\\_systems\\_without\\_marine\\_proteins.pdf](http://www.aquaculture-ft.com/images/files/77-production_of_shrimp_in_bio-floc_systems_without_marine_proteins.pdf)
12. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria [OIRSA], y Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano [OSPESCA]. (2010). *Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo de camarón blanco Penaeus vanamei* [en línea]. Recuperado octubre 17, 2013, de <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/ManualBuenasPracticasCamaronCultivo2010.pdf>
13. Panorama Acuícola Magazine. (2013). Los sistemas biofloc para la acuicultura [en línea]. Recuperado mayo 11, 2013, de [http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2013/04/29/los\\_sistemas\\_de\\_biofloc\\_para\\_la\\_acuicultura.html#sthash.8sxs60zW.dpuf](http://www.panoramaacuicola.com/noticias/2013/04/29/los_sistemas_de_biofloc_para_la_acuicultura.html#sthash.8sxs60zW.dpuf)

14. Sánchez, D., y Ching, C. (2003). *Nitrito en estanques de cultivo intensivo de camarón* [en línea]. Recuperado septiembre 7, 2012, de [http://www.nicovita.com.pe/cdn/Content/CMS/Archivos/Documentos/DOC\\_279\\_1.pdf](http://www.nicovita.com.pe/cdn/Content/CMS/Archivos/Documentos/DOC_279_1.pdf)
15. Schryver, P. de, Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., y Verstraete, W. (2008). *The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture* [en línea]. Recuperado abril 17, 2012, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848608000896>
16. Schweitzer, R., Arantes, R., Fóes, P., Costódio, C., Espírito Santo, L. do, Arana, W., Quadros, E., y Andreatta, R. (2013). *Effect of different biofloc levels on microbial activity, water quality and performance of Litopenaeus vannamei in a tank system operated with no water exchange* [en línea]. Recuperado mayo 11, 2013, de <http://www.aquahoy.com/idi/sistemas-de-cultivo/17969-efectos-de-los-diferentes-niveles-de-biofloc-en-el-cultivo-de-camaron-blanco-en-tanques>
17. Sierra de La Rosa, J. F. (2006). *Evaluación de cultivo de tilapia del nilo (Oreochromis niloticus) y tilapia roja (Oreochromis sp.) en diferentes sistemas intensivos de granjas camaroneras como alternativa productiva del sector camaronicultor colombiano* [en línea]. Recuperado agosto 9, 2012, de [http://www.ceniacua.org/archivos/CARTILLA\\_PECES.pdf](http://www.ceniacua.org/archivos/CARTILLA_PECES.pdf).

## **10. ANEXO**

Hypothesis Test: Independent Groups (t-test, pooled variance)		
Biofloc	Nitrificante	
30.9000	30.7996	mean
0.7868	2.9899	std. dev.
360	360	n
	718	df
	0.12964	difference (Biofloc - Nitrificante)
	4.77927	pooledvariance
	2.18616	pooledstd. dev.
	0.16295	standard error of difference
	0	hypothesizeddifference
	0.80	t
	.4265	p-value (two-tailed)

**Anexo No. 1.** Prueba de t de Student en temperatura (Trabajo de campo, 2012)

Hypothesis Test: Independent Groups (t-test, pooled variance)		
Biofloc	Nitrificante	
6.5856	6.4181	mean
1.3797	1.3989	std. dev.
360	360	n
	718	df
	0.16753	difference (Biofloc - Nitrificante)
	1.93026	pooledvariance
	1.38934	pooledstd. dev.
	0.10356	standard error of difference
	0	hypothesizeddifference
	1.62	t
	.1062	p-value (two-tailed)

**Anexo No. 2.** Prueba de t de Student en oxígeno (Trabajo de campo, 2012)

Hypothesis Test: Independent Groups (t-test, pooled variance)

Bioflok	Nitrificante		
31.74	31.84		mean
1.65	1.30		std. dev.
360	360		n
	718		df
	-0.100		difference (Bioflok - Nitrificante)
	2.210		pooledvariance
	1.487		pooledstd. dev.
	0.111		standard error of difference
	0		hypothesizeddifference
	-0.90		t
	.3694		p-value (two-tailed)

**Anexo No. 3.** Prueba de t de Student en salinidad (Trabajo de campo, 2012)

Two factor ANOVA

		Factor 2		
		Biofloc	Nitrificante	
Means:				
Factor 1	Enero	0.80	0.80	0.80
	Febrero	4.83	4.57	4.70
	Marzo	10.40	9.80	10.10
	Abril	17.07	15.93	16.50
		8.28	7.78	8.03
	3	replications per ce		

**Anexo No. 4.** Análisis Bifactorial (Trabajo de campo, 2012)

ANOVA table

Source	SS	df	MS	F	p-value
Factor 1	836.325	3	278.7750	90.90	2.90E-10
Factor 2	1.500	1	1.5000	0.49	.4944
Interaction	1.073	3	0.3578	0.12	.9490
Error	49.067	16	3.0667		
Total	887.965	23			

**Anexo No. 5.** Análisis Bifactorial (Trabajo de campo, 2012)

*Post hoc* analysis  
p-values for pairwise t-tests for  
Factor 1

	Enero	Febrero	Marzo	Abril
	0.80	4.70	10.10	16.50
Enero	0.80			
Febrero	4.70	.0014		
Marzo	10.10	8.67E-08	.0001	
Abril	16.50	4.54E-11	3.07E-09	1.00E-05

Tukey simultaneous comparison t-values (d.f. = 16)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril
	0.80	4.70	10.10	16.50
Enero	0.80			
Febrero	4.70	3.86		
Marzo	10.10	9.20	5.34	
Abril	16.50	15.53	11.67	6.33

critical values for experimentwise error rate:

0.05	2.86
0.01	3.67

**Anexo No. 6.** Comparación de los valores (Trabajo de campo, 2012)

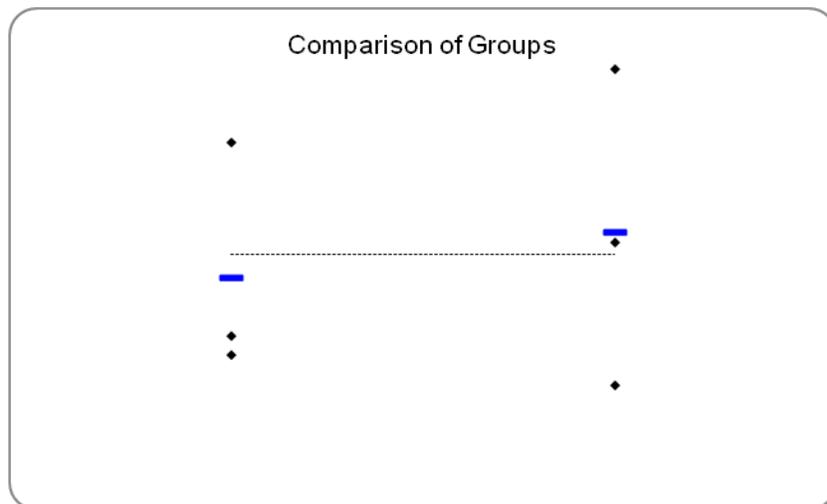
One factor ANOVA

<i>Mean</i>	<i>n</i>	<i>Std. Dev</i>	
2.290	3	1.3292	Biofloc
2.797	3	1.7879	Nitrificante
2.543	6	1.4361	Total

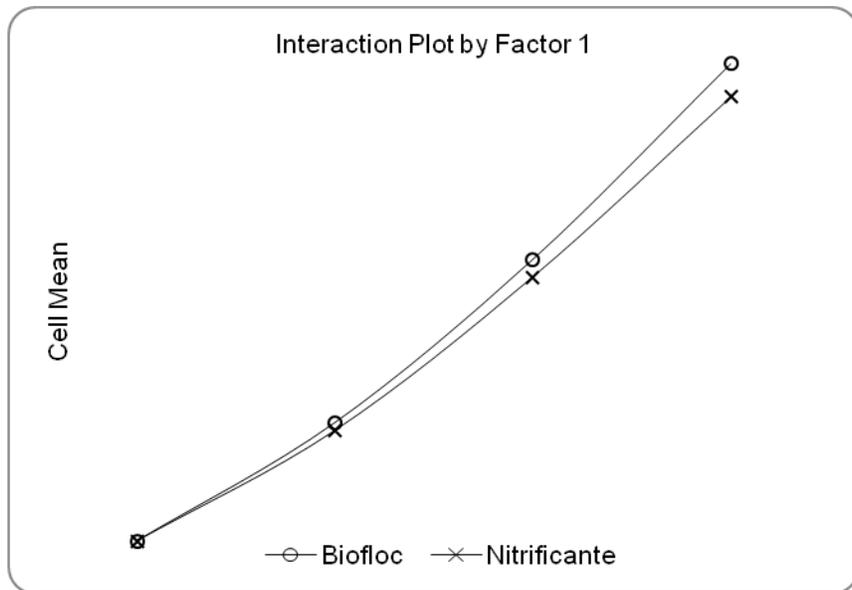
ANOVA  
table

<i>Source</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>p-value</i>
Treatment	0.3851	1	0.38507	0.16	.7137
Error	9.9263	4	2.48157		
Total	10.3113	5			

**Anexo No. 7.** Análisis de Varianza del FCR (Trabajo de campo, 2012)



**Anexo No. 8.** Análisis Estadístico para el FCR (Trabajo de campo, 2012)



**Anexo No. 9.** Resultados de Rendimiento en peso del camarón por tratamiento (Trabajo de campo, 2012)