



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN GRANJAS  
ACUÍCOLAS INTENSIVAS MEDIANTE EL USO DE UN PRODUCTO A  
BASE DE MELAZA Y LEVADURA**

**MARTHA ELENA MARTÍNEZ SÁNCHEZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS**

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ, MÉXICO

2016

La presente tesis, titulada: **Mejoramiento de la calidad del agua en granjas acuícolas intensivas mediante el uso de un producto a base de melaza y levadura**, realizada por la alumna: **Martha Elena Martínez Sánchez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:   
DR. JUAN LORENZO RETA MENDIOLA

ASESOR:   
DR. ALBERTO ASIAIN HOYOS

ASESOR:   
DR. VICTORINO MORALES RAMOS

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México, 04 de Agosto del 2016

# MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN GRANJAS ACUÍCOLAS INTENSIVAS MEDIANTE EL USO DE UN PRODUCTO A BASE DE MELAZA Y LEVADURA

Martha Elena Martínez Sánchez M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de BlueEnergy<sup>RenT</sup> (BE), un producto a base de melaza y levadura *Saccharomyces cerevisiae*, en los parámetros de calidad del agua y productivos dos especies acuáticas bajo condiciones comerciales de cultivo: camarón blanco *Litopenaeus vannamei* y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*. El experimento se llevó a cabo en una granja acuícola ubicada en el municipio de La Antigua Veracruz, México. Para la prueba con camarón se comparó una dosis fija (1.5 g/m<sup>3</sup> diarios de BE), una dosis variable de BE ajustada diariamente en base al Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) y un testigo. En el caso de tilapia se evaluó una dosis de BE<sup>RenT</sup> ajustada quincenalmente con base en la concentración del NAT, comparándolo contra un testigo sin BE y sin recambio de agua; y un testigo sin BE pero con recambio de agua. En el cultivo de camarón se observó que la mezcla no afectó la calidad del agua, aunque los parámetros productivos presentaron mejores niveles con el tratamiento en base al NAT, además de que se logró reducir el recambio de agua en el cultivo. En la prueba con tilapia no se detectó influencia del tratamiento en la calidad del agua. No obstante, el uso del producto permitió reducir el recambio de agua manteniendo los parámetros productivos, logrando producir organismos sanos con crecimiento normal. En ambas pruebas se observó que el uso de un producto a base de levadura ayuda a optimizar el uso del agua sin afectar el desempeño de los organismos.

**Palabras clave:** Acuicultura, levadura, tilapia, camarón, calidad del agua.

# IMPROVING WATER QUALITY IN INTENSIVE AQUACULTURE FARMS USING A PRODUCT MADE FROM MOLASSES AND YEAST

Martha Elena Martínez Sánchez M.C.

Colegio de Postgraduados, 2016

## Abstract

The impact of BlueEnergy<sup>RenT</sup> (BE), a commercial product made of yeast *Saccharomyces cerevisiae* and molasses, was evaluated on water quality parameters and productive parameters for two aquaculture species under commercial culture conditions: White shrimp *Litopenaeus vannamei* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. The experiment was carried out in a commercial farm in la Antigua, Veracruz, Mexico. In the shrimp trial, a fix dose of 1.5 g/m<sup>3</sup> of BE was compared with a variable dose adjusted daily according on Total Ammonia Nitrogen (TAN), and a control treatment without the product. In the tilapia trial, a variable dose of BE adjusted on a fortnight basis according to TAN was compared against two control treatment: one without the product and no water exchange; and another without the product but with a continous water exchange. In the shrimp trial, the use of BE showed no effects on water quality parameters; however, productive parameters showed better performance using a variable dose according to TAN. The use of BE also helped reducing the water exchange rate. In the tilapia trial, not influence of BE was detected on water quality parameters but a significant water exchange reduction was achieved. It was concluded that use of BE, both in shrimp and tilapia, the water use was optimized without affecting species performance.

**Keywords:** Aquaculture, yeast, tilapia, shrimp, water quality.

## **Dedicatoria**

*Esta tesis está dedicada con amor a mi familia que me apoyó en todo momento  
Mamis Angelina Gómez y Carmen Sánchez por ser las mejores madres del mundo  
y darme un ejemplo constante de perseverancia*

*Papi Eliseo Sánchez por ser el pilar de nuestra familia*

*Tíos Elena, Pablo, Sara, Benito, Agustín y Guadalupe por todo el apoyo brindado*

*Primos Benito, Angelina, Pablo, Rosario y Agustín, esperando que mi ejemplo sea  
un estímulo para salir adelante y buscar nuevas metas*

*Miguel porque este trabajo lo dedico también al esfuerzo que realizamos juntos.*

*No le des aun hombre todas las respuestas por que dejará de pensar por sí  
mismo...*

*Enséñale a buscar más allá de lo que se sabe y no habrá respuesta que apacigüe  
sus dudas.*

## ***Agradecimientos***

Al CONACyT, por el apoyo económico recibido para la realización de este postgrado.

Al *Colegio de Postgraduados*, por haberme abierto sus puertas y dado la oportunidad de seguir creciendo profesionalmente.

Gracias a mi Consejo Particular:

*Dr. Juan Lorenzo Reta Mendiola* por el apoyo brindado y tomarse el tiempo para orientarme y dirigir esta travesía académica.

*Dr. Alberto Asían Hoyos* por ser parte medular en esta investigación, por todas las palabras de apoyo en cada momento que me vio flaquear y por creer en mí.

*Dr. Victorino Morales Ramos* por los comentarios y recomendaciones en la realización de esta tesis.

Gracias a las personas externas al Colegio que hicieron posible esta investigación:

*Biol. Benigno Fernández* que como representante de la empresa Safmex S.A. de C.V. financió parte de esta investigación.

*Ing. Fernando Requejo* que me permitió hacer uso de las instalaciones de su granja Acuilan y a todo el personal que en ella labora.

Al *Dr. Mario Garduño* y a los estudiantes Consuelo y David, Al Ing. Sergio Ramírez y la Ing. Kristel García por formar parte del equipo de trabajo.

Agradezco a cada uno de los Doctores del Colegio de Postgraduados por su enseñanza, cada clase impartida y cada charla fuera de aulas dejaron sin duda enormes aportaciones a mi formación profesional y personal.

A todos los trabajadores de campo que me ayudaron durante la experimentación en especial al Sr. Hugo Páez quien con gran entusiasmo siempre me brindó su apoyo.

A mis compañeros de generación otoño 2014 Xé-miyos por los momentos y buenas experiencias compartidas: *Rafa, Ale, Eric, Luis, Sergio Lagunés, Ana,*

*Alfredo, José, Sergio Sánchez, Alberto y Gerardo*, fue muy grato formar parte de esta generación, que me deja grandes amistades.

Al cardumen *Guppy*: Betty, Oliverio, Cesar, Vero, Fritz y Josué.

A mis compañeras Nancy, María, Dulce y a la pequeña Lia. Fue un placer convivir con todos ustedes.

Y finalmente y no por eso menos importante hago un agradecimiento especial a *Miguel Ángel Castelán Primo* por todo el apoyo brindado, por las desmañadas y los desvelos juntos para realizar este trabajo y por ser parte de este proyecto de vida, esta tesis no hubiera sido la misma sin ti. Gracias por tomar mi mano y nunca dejarme caer.

## CONTENIDO

	Página
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....</b>	<b>3</b>
2.1. Teoría general de sistemas .....	3
2.2. Agroecosistema.....	3
2.3. Acuicultura intensiva .....	4
2.4. Calidad del agua .....	4
2.5. Levaduras .....	5
<b>3. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>6</b>
3.1. Alternativas para mejoramiento de la calidad del agua en acuicultura.....	6
3.2. Sistema de recirculación de agua .....	6
3.3. Sistemas Acuaponicos y Biofiltración.....	7
3.4. Bio-floc .....	8
3.5. Uso de levaduras en la acuicultura .....	9
3.6. Parámetros que inciden en la calidad del agua de cultivo.....	10
3.6.1. Temperatura .....	11
3.6.2. Oxígeno Disuelto (OD) .....	11
3.6.3. Potencial de Hidrógeno <i>pH</i> .....	12
3.6.4. Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) .....	12
3.6.5. Nitratos (NO <sub>3</sub> ) .....	12
3.6.6. Turbidez.....	13
3.6.7. Salinidad.....	13
3.6.8. Estándares de la calidad del agua para cultivo de tilapia y camarón.....	13
<b>4. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>15</b>
4.1. Justificación.....	15
4.2. Pregunta de Investigación.....	16
4.3. Hipótesis .....	16
4.4. Objetivos .....	17
<b>5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>18</b>
5.1. Enfoque Metodológico.....	18

5.2. Alcance de la Investigación .....	18
5.3. Descripción del área de estudio .....	18
5.4. Etapas de Investigación .....	19
5.4.1. Primera etapa: Cultivo de Camarón <i>L. vannamei</i> .....	19
5.4.2. Segunda etapa: Cultivo Tilapia <i>O. niloticus</i> .....	27
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>33</b>
6.1. Primera etapa Cultivo de camarón <i>Litopenaeus vannamei</i> .....	33
6.2. Segunda etapa Cultivo de Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> .....	43
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>54</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Situación problemática, factores socio-económicos, técnicos y ecológicos.	15
Figura 2. Ubicación del área de estudio Fuente: Google Earth® .....	19
Figura 3. Oxigenación del agua en las bolsas de transporte.....	20
Figura 4. Aclimatación de las postlarvas .....	20
Figura 5. Esquematización de la distribución de los estanques y asignación de tratamientos para el cultivo de camarón.....	21
Figura 6. Alimentación en comederos para camarón .....	23
Figura 7. Mediciones de parámetros físicos y químicos.....	24
Figura 8. Medición de longitud y peso de camarón .....	25
Figura 9. Transporte de las tilapias a la granja Acuilan.....	27
Figura 10. Esquematización de la distribución de los estanques y asignación de tratamientos para el cultivo de tilapia. ....	28
Figura 11. Alimentación a saciedad de los organismos .....	29
Figura 12. Adición de BlueEnergy <sup>RenT</sup> (BE) .....	30
Figura 13. Medición de longitud y peso de tilapia .....	31
Figura 14. Captura y pesaje de la biomasa final de las tilapias.....	32
Figura 15. Curva de crecimiento del camarón <i>L. vannamei</i> .....	41
Figura 16. Dispersión de tallas del camarón <i>L. vannamei</i> al finalizar la experimentación. ....	42
Figura 17. Sedimentación en conos Imhoff días 57, 71 y 85.....	48
Figura 18. Curva de crecimiento de tilapia <i>O. niloticus</i> durante la experimentación. ..	52
Figura 19. Dispersión de tallas tilapia <i>O. niloticus</i> al final de la experimentación.....	53

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Parámetros físico-químicos óptimos en cultivos de tilapia nilótica y camarón blanco.....	14
Cuadro 2. Valor promedio de parámetros de calidad del agua .....	34
Cuadro 3. Valor promedio de parámetros de calidad del agua .....	34
Cuadro 4. Parámetros de producción obtenidos en el cultivo de camarón blanco <i>L. vannamei</i> .....	38
Cuadro 5. Desarrollo del camarón blanco <i>L. vannamei</i> al final de la experimentación. ....	39
Cuadro 6. Siembra y sobrevivencia en el cultivo de camarón blanco <i>L. vannamei</i> .....	40
Cuadro 7. Rendimiento productivo del camarón blanco <i>L. vannamei</i> .....	40
Cuadro 8. Valor promedio de parámetros de calidad del agua .....	44
Cuadro 9. Valor promedio de parámetros de calidad del agua en el cultivo de tilapia <i>O. niloticus</i> .....	44
Cuadro 10. Parámetros de producción tilapia <i>O. niloticus</i> .....	49
Cuadro 11. Desarrollo de la tilapia al final de la experimentación (promedio).....	50
Cuadro 12 Siembra y porcentaje de sobrevivencia %S obtenidos en el cultivo de tilapia <i>O. niloticus</i> .....	51
Cuadro 13. Rendimiento productivo de la tilapia <i>O. niloticus</i> .....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

Se define a la acuicultura como la producción controlada de cualquier ser vivo en el medio acuático, lo que implica el manejo de esta en su ciclo natural, sostener su fisicoquímica, distribución y cualidades como recurso estratégico para las actividades productivas y socioeconómicas del hombre (Platas y Vilaboa, 2014). En conjunto la pesca y la acuicultura aportaron a nivel mundial un estimado de 148 millones de toneladas de pescado en 2010, con un valor total de 217 500 millones de USD. Las cifras del consumo per cápita correspondientes a América del Norte y América Central y el Caribe fueron 24.1 kg y 9.9 kg respectivamente.

En las tres últimas décadas (1980-2010), la obtención mundial de peces comestibles producida por la acuicultura incrementó el índice de producción medio anual en un 8.8 por ciento. En el año 2014 la producción procedentes de la acuicultura ascendió a 73,8 millones de toneladas, con un valor estimado de 160.2 millones de USD. Este total compuesta por 49,8 millones de toneladas de peces, 16,1 millones de toneladas de moluscos, 6,9 millones de toneladas de crustáceos y 7,3 millones de toneladas de otros animales acuáticos, incluidos anfibios. (FAO, 2012; FAO, 2016). En México la acuicultura se encuentra en constante crecimiento, principalmente en lo que se refiere al camarón en el Noreste del país y, por otra parte, las especies de agua dulce, dentro de las que destaca la tilapia (Platas y Vilaboa, 2014). México ha registrado un crecimiento constante en la camaronicultura siendo la especie *Litopenaeus vannamei* el de mayor cultivo; la actividad representa el 90% del total de la producción acuícola nacional, con un volumen cercano a 130 mil toneladas en el 2009 según cifras oficiales, y un valor estimado mayor a 670 millones de dólares (Plascencia y Almada, 2012).

El cultivo de la tilapia (*Oreochromis spp*) se coloca como el segundo grupo de peces más producido por la acuicultura mundial, con una contribución a la producción de aproximadamente 20% del volumen total de peces. En México la producción anual de tilapia reportada en el 2011 fue de 75,927 t y el estado de Veracruz en particular produjo 10,082 t colocándose como el primer productor del país (CONAPESCA, 2003; CONAPESCA, 2012).

La mayoría de los cultivos acuícolas enfrentan importantes problemas que disminuyen los rendimientos económicos a los productores y a su vez causan afectaciones al medio ambiente, esto debido al uso excesivo de agua y la contaminación de efluentes, ya que el agua utilizada en la acuicultura implica la eliminación constante de metabolitos tóxicos, como el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), además del nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3^+ \text{NH}_4^+$ ), que es excretado por los organismos a través de sus branquias y la orina, es producido también por la descomposición microbiana del alimento no consumido y de las excretas, por medio de las bacterias. El alimento balanceado que es aportado a los peces puede constituir hasta el 88% del nitrógeno en un sistema de cultivo (De la Mora *et al.*, 2003).

Es importante disminuir el consumo de agua en los estanques de cultivos y mantener su calidad, reduciendo los compuestos nitrogenados presentes sin afectar la producción. Como alternativa para mantener la calidad del agua se han utilizado diferentes técnicas con filtros químicos y biológicos, sin embargo suelen ser costosas; una opción que ha resultado efectiva ha sido el uso de microorganismos benéficos como bacterias y algas, lo que se conoce como bio-floc (Serrano y Machuca, 2013).

Estudios de un sistema con condiciones controladas de temperatura, determinaron la eficiencia de las levaduras como agente de control en la calidad del agua, principalmente sobre la concentración del nitrógeno amoniacal total (NAT), metabolitos que son altamente tóxicos para la mayoría de los organismos acuícolas, parámetro que limita la densidad utilizada en los diferentes cultivos (Serrano y Machuca, 2013).

En este trabajo se propone la utilización del producto BlueEnergy<sup>RenT</sup> (BE) que incluye la levadura *Saccharomyces cerevisiae* junto con una mezcla de melaza, vitaminas y minerales, con la finalidad de que ésta asimile los compuestos nitrogenados generados en el cultivo y por la descomposición del alimento no ingerido, de la misma manera se selecciona dicha levadura porque, a diferencia del bio-floc convencional, las levaduras requieren menos fuentes de carbono.

## 2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En esta sección se describen brevemente las principales teorías y conceptos que sustentan la presente investigación.

### 2.1. Teoría general de sistemas

Propuesta en 1976 por Von Bertalanffy como el estudio interdisciplinario de los sistemas en general. Aborda el problema de la complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad y sus propiedades, donde es necesario el correcto funcionamiento de sus elementos para un eficaz desempeño de todo el conjunto (Vilaboa Arroniz, 2008)

La investigación se centrará en esta teoría a fin de abordarla desde un enfoque sistémico, de manera tal que se entienda la interacción e importancia de cada uno de los elementos del sistema acuícola.

### 2.2. Agroecosistema

El concepto fue introducido en 1930 por Tansley, quien lo definió como “la distribución de las especies y su ensamblaje, el cual es fuertemente influenciado por el ambiente asociado”. Odum (1985) menciona que los Agroecosistemas son ecosistemas domesticados por el hombre, lo cual se entiende como el proceso, a través de la historia, en el cual el hombre domestica especies vegetales y animales con la finalidad de obtener productos y servicios como satisfactores de sus necesidades.

Altieri (1995) menciona que el hombre, como ente controlador, es una parte fundamental de los Agroecosistemas porque él es quien modifica, interviene, orienta y define la producción, convirtiéndose en el controlador y regulador del Agroecosistema, ya que toma la decisión respecto a la finalidad del sistema.

Ruiz-Rosado (2006) define al Agroecosistema como una actividad en la que el hombre, en un ambiente determinado, maneja los recursos disponibles (naturaleza, energía e

información) para producir los alimentos que satisfagan sus necesidades. Es la interrelación e interacción entre los organismos y su ambiente con una finalidad.

### 2.3. Acuicultura intensiva

*La Acuicultura: según la Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión en su Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables en el año 2012, es el conjunto de actividades dirigidas a la reproducción controlada, preengorda y engorda de especies de la fauna y flora realizadas en instalaciones ubicadas en aguas dulces, marinas o salobres, por medio de técnicas de cría o cultivo, que sean susceptibles de explotación comercial, ornamental o recreativa(Unión, 2012).*

La definición de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura define a la Acuicultura como el cultivo de organismos acuáticos bajo condiciones controladas o semicontroladas que incluye peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas; se realiza tanto en zonas costeras como en aguas internas, e implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción (FAO, 2016).

La acuicultura intensiva incluye sistemas de cultivo y cría, en los que la intervención humana se concentra en la captura y en la reproducción del stock. Los sistemas acuícolas hacen posible de manera selectiva la reproducción y el aumento de las especies más demandadas para la alimentación humana; entre otros usos (Laxe et al., 2005).

La acuicultura surge como una alternativa para incrementar la oferta de productos del mar o de agua dulce, ante la problemática ocasionada por la sobre pesca y la demanda de productos acuícolas de alta calidad (Buschmann y Fortt, 2005).

### 2.4. Calidad del agua

Definir la calidad del agua es difícil por la complejidad que implica, ya que hay dos factores determinantes que son la composición físico-química y la composición biológica de las aguas superficiales. La determinación de la calidad dependerá del uso específico que se le va a dar al agua, considerando que estos usos tendrán ciertos requerimientos en las características; físicas, químicas y biológicas; como los límites de

concentración de sustancias tóxicas. (Bartram y Ballance, 1996). Aquellas aguas que cumplan con los estándares preestablecidos para el conjunto de variables o características podrán ser consideradas aptas para la finalidad establecida (Beamonte *et al.*, 2003).

## 2.5. Levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares no filamentosos que presenta en su estructura una forma esférica u ovalada. Se encuentran distribuidas ampliamente en la naturaleza, frecuentemente se pueden observar como una cubierta blanquecina sobre frutas y hojas. Las levaduras se pueden dividir de manera sexual por medio de ascosporas o asexual utilizando el proceso de gemación, una célula de levadura puede formar hasta 24 células hijas. Las levaduras del género *Saccharomyces* pueden sobrevivir de dos maneras, su crecimiento puede ser como anaeróbicas facultativas o pueden utilizar oxígeno. Cuando realizan respiración aeróbica metabolizan hidratos de carbono a dióxido de carbono y agua, y de manera anaeróbica fermentan los hidratos de carbono y producen etanol y dióxido de carbono. Las levaduras de mayor importancia técnica son las procedentes de la especie *Saccharomyces cerevisiae*, esta especie es una de los ocho microorganismos de libre movilización global, debido a su inocuidad y se utilizan comúnmente en la elaboración de cerveza, vino y la industria panificadora (Stanier y Villanueva, 1996; Tortora *et al.*, 2007; Villafañe, 2008).

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. Alternativas para mejoramiento de la calidad del agua en acuicultura

Entre los principales problemas que se tienen en las producciones acuícolas de sistemas cerrados de recirculación de agua, se encuentra la constante eliminación de metabolitos tóxicos producidos por la excreta de los organismos y la descomposición microbiana del alimento no consumido, que dan lugar a la acumulación de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) (De la Mora *et al.*, 2003). Es por ello que se han implementado diferentes técnicas que ayudan a minimizar la acumulación de metabolitos tóxicos y confieren una mejor calidad al agua de cultivo.

#### 3.2. Sistema de recirculación de agua

En el cultivo de peces las instalaciones deben de ser las adecuadas para que los organismos crezcan sanos y con un buen Factor de Conversión Alimenticia (FCA); es por ello que el cultivo tradicional trata de mantener la calidad del agua, suministrando constantemente agua limpia, y tratando de mantener una temperatura apropiada y un óptimo contenido de oxígeno disuelto; lo que comúnmente conocemos como sistemas abiertos.

Ante los impactos económicos y ecológicos que conllevan el manejo de los cultivos en sistemas abiertos, se ha optado por el uso de nuevas tecnologías para aumentar la eficiencia y el uso de los recursos, implementando los Sistemas de Recirculación de Agua, que consisten en reciclar la mayor parte del agua (Hutchinson *et al.*, 2004).

A diferencia del método tradicional de cultivo de peces, los sistemas de recirculación de agua permiten la cría de peces en altas densidades, de una manera controlable utilizando filtración mecánica y biológica, que se encargan de la recirculación, limpieza y el reciclado del agua reincorporándola nuevamente a los tanques de cultivo de peces. En estos sistemas sólo se añade agua nueva a los tanques para suplir la pérdida de agua producto de la evaporación y la que es usada para eliminar los materiales de desecho. Los peces deben alimentarse diariamente con un alimento nutricionalmente completo, para estimular el rápido crecimiento y una alta supervivencia. Dichos

sistemas son amigables con el ambiente para el cultivo de organismos acuáticos (Hutchinson *et al.*, 2004; Aquafeed, 2014).

### 3.3. Sistemas Acuaponicos y Biofiltración

Acuaponía es como se le conoce a la integración de la acuicultura y la hidroponía que es tecnología en la cual se desarrollan plantas en soluciones nutritivas, es decir: agua y fertilizantes. Se puede o no utilizar medio artificial, ya sea arena, grava, vermiculita, entre otros, para dar soporte mecánico a la planta. La acuaponía es el cultivo de peces y plantas en un sistema de recirculación cerrado. Los nutrientes que excretan directamente los organismos acuáticos en el cultivo (peces y/o camarones), o que se generan a través de las reacciones microbianas sobre los desechos orgánicos, son absorbidos por las plantas cultivadas hidropónicamente. Generando un sistema biointegrado de producción de alimentos (Herrera, 1999; Mateus, 2009; Gutiérrez, 2012).

La Biofiltración natural es generada por plantas en el sistema de cultivo, dando lugar a un ecosistema en el que las plantas autótrofas y heterótrofas microbianas se encuentran en equilibrio con los peces o camarones y, no sólo con respecto a los nutrientes, sino también con respecto a O<sub>2</sub>, pH y CO<sub>2</sub>.

Como resultado, la biofiltración por medio de las plantas disminuye el impacto ambiental que se podría generar por la sobre carga de compuestos nitrogenados en los grandes sistemas de producción acuícola, utilizando enfoques integrados de acuicultura intensiva, integrando en los cultivo de peces o camarones, vegetales y algas. Al dividir el proceso de producción en etapas, podemos aumentar la constancia de la biomasa en el sistema y mejorar la eficiencia de utilización de la instalación física (Crab *et al.*, 2007).

En México se cultivan 35 especies de peces y crustáceos dulceacuícolas, organismos que pueden ser adaptados a los sistemas de recirculación Acuaponicos. Entre ellas destaca la tilapia *Oreochromis niloticus* y algunos híbridos de este género, pues estos organismos crecen muy bien en tanques de recirculación y tienen la capacidad de

tolerar las condiciones fluctuantes del agua, como la temperatura, el oxígeno, el pH y los sólidos disueltos (Gutiérrez, 2012).

#### 3.4. Bio-floc

El Bio-floc es la adición de microorganismos (bacterias, algas o levaduras) a la columna de agua en los medios de cultivo (estanques, etc.). Estos microorganismos tienen la función de reciclar los nutrientes mediante el mantenimiento del equilibrio en la relación C:N en el agua, puesto que se encargan de consumir el amoníaco y el nitrógeno orgánico, lo que las convierte en una fuente de proteína bacteriana para los peces que se encuentran en el estanque (Crab *et al.*, 2009; Ogello *et al.*, 2014)

De acuerdo a datos reportados por Castro-Nieto *et al.* (2012), en una granja de Shanghái, China, se alcanzó una producción de 25 t/año de *L. vannamei* utilizando el sistema bio-floc, sin necesidad de realizar recambios del agua. Por su parte, en otra granja de producción de *L. vannamei* en EUA, empleando el mismo sistema, se alcanzó una producción de 120 a 170 t/año de organismos de 20-30 g con un recambio mínimo de agua.

Avnimelech (2007) Menciona que el bio-floc puede tener un potencial efectivo como fuente de alimentación, produciendo hasta un 50% de la proteína requerida en el cultivo de tilapia.

En un estudio utilizando tecnología Bio-Floc en cultivos de camarón de la especie *L. vannamei* en Indonesia, se pudo observar el aumento de la eficacia en el uso de energía, alentando la posibilidad de que los costos operacionales en las instalaciones que utilizan bio-floc, puedan reducirse hasta en un 20% con una tasa de conversión de alimento de menos de 1.1. (Taw *et al.*, 2009).

Crab *et al.* (2009) reportan que el nitrógeno incrementa su concentración y el nitrógeno inorgánico es convertido a nitrógeno orgánico y asimilado por las necesidades biológicas de los organismos (bacteria y/o algas) que integran el bio-floc, lo que proporciona mejores condiciones en el cultivo y puede acortar los tiempos de producción.

Xu y Pan (2012) Realizaron un experimento para investigar los efectos del bio-floc en el crecimiento, la asimilación del alimento, la actividad de enzimas digestivas y la composición de todo el cuerpo en juveniles de *L. vannamei* en tanques de cultivo con cero recambio de agua. Evaluaron dos tratamientos y un control. Los tratamientos consistieron en estanques a los que se les adicionó Bio-floc con relación a los niveles de relación de N y C (15, 20) y el "Control" con agua clara con circulación constante y sin adición de carbohidratos. Sembrando 28 camarones por estanques de 125 L con una talla promedio de  $6.95 \pm 0.22$ . Utilizaron sacarosa como una fuente de carbohidratos para generar una relación C:N de 15:20. El seguimiento de los parámetros de calidad del agua: temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, NAT, nitritos y nitratos, mostró que todos ellos se mantuvieron dentro de lo recomendado para el cultivo de camarón. Al final del experimento, las tasas de supervivencia de los camarones fueron por encima del 90%, sin diferencias significativas entre los tres grupos ( $p > 0.05$ ); y el crecimiento (en términos de peso, aumento de peso final y la tasa de crecimiento específico) de los camarones en ambos tratamientos fueron significativamente mejores para los que contenían bio-floc ( $p < 0.05$ ) que el obtenido en el control, mientras que la tasa de conversión de alimento fue significativamente menor ( $p \leq 0.05$ ).

El bio-floc provee aminoácidos importantes como la metionina y la lisina, es una excelente fuente de vitaminas y minerales en especial de fósforo. Los rangos de proteína van de 25 a 50%, el contenido de lípidos se encuentran entre 0.5 a 15% (Hargreaves, 2013).

Ogello et al. (2014) reportan tasas de crecimiento en tilapia bajo sistema bio-floc de hasta 0.3 g día<sup>-1</sup>, con un rendimiento de hasta 300 m/ha, además de que se puede reducir la alimentación de los peces hasta en un 20%, reduciendo así el costo de producción.

### 3.5. Uso de levaduras en la acuicultura

Tovar-Ramirez *et al.* (2008) concluyen en su investigación que el adicionar levaduras vivas a las dietas de peces teleósteos generándose antioxidantes que estimula el sistema inmune. De igual manera contribuye a la expresión de genes relacionados en el

sistema inmune, lo cual le da mayor protección al hospedero, en este caso los peces, contra patógenos.

Se ha observado que en juveniles de tilapia los tratamientos de levadura aumentan la actividad de la fosfatasa alcalina, lo cual mejora la tasa de conversión de alimento (TCA) y supervivencia en condiciones de estrés (es decir cuando los organismos son expuestos a un bajo porcentaje de proteína o cuando se encuentran muy amontonados) en juveniles de tilapia (Lara-Flores *et al.*, 2010).

Serrano y Machuca (2013) realizaron una Comparación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y el azúcar, en el efecto que podrían tener sobre el control de la calidad del agua en cultivos de camarón blanco (*Penaeus vannamei*), concluyeron que *S. cerevisiae* puede ser igual de eficiente en el control de la calidad del agua como lo es el bio-floc. Adicionar levadura al cultivo no altera el sistema del CO<sub>2</sub> ya que no causa cambios en el pH ni en la Alcalinidad Total del sistema. Las levaduras estimulan el crecimiento de los camarones, pueden abatir considerablemente los costos que se generan al usar azúcar en el mantenimiento del bio-floc y por ultimo indican que poseen potencial para ahorrar el consumo de agua y posibilidades de reducir el costo generado por la alimentación.

### 3.6. Parámetros que inciden en la calidad del agua de cultivo

La calidad del agua en los sistemas acuáticos está directamente relacionada con los procesos biológicos y físico-químicos que ocurren en el medio acuático y dependerá de varios factores. En los que habrá parámetros que son independientes de la actividad biológica en el estanque y forman parte de procesos físicos y químicos como lo son la temperatura, la salinidad, la alcalinidad y dureza; y los derivados de procesos biológicos como: la cantidad de oxígeno disuelto, la productividad primaria, el pH y los compuestos nitrogenados (amonio NH<sub>4+</sub>, nitratos NO<sub>3-</sub> y nitritos NO<sub>2-</sub>). De los parámetros mencionados se podría mencionar que la temperatura y el oxígeno disuelto son los parámetros más importantes en el manejo de la calidad del agua, ya que influyen en las tasas de crecimiento y sobrevivencia de los organismos (Boyd y Tucker, 2012). A continuación se describen algunos de los parámetros.

### 3.6.1. Temperatura

Es uno de los parámetros más importantes dentro de los sistemas acuícolas, por su influencia no solo a nivel biológico de los organismos de cultivo, también en las reacciones físico-químicas. La temperatura es determinante en el crecimiento; Las tasas de procesos bioquímicos son dependientes de la temperatura. De acuerdo a la ecuación de Van't Hoff, un incremento de 10°C en la temperatura, duplicará la tasa (Quílez, 1995). Una temperatura baja influye en la disminución de la ingesta de alimento y una temperatura por encima de los niveles óptimos requeridos por la especie aumentará el consumo, acelerando el metabolismo del organismo y hará que el alimento dure menos en el tracto digestivo. Así mismo, un aumento drástico de temperaturas puede causar que las reacciones químicas y biológicas aumenten el doble o triple. Lo que causa que los peces requieran más oxígeno (Boyd y Tucker, 2012).

### 3.6.2. Oxígeno Disuelto (OD)

El OD es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua. La disponibilidad del O<sub>2</sub> limita la actividad y el crecimiento de los organismos acuáticos. Cuando los organismos se ven expuestos por tiempo prolongado a una baja cantidad de OD, reducen el consumo de alimento, tienen un crecimiento más lento y son más vulnerables a enfermedades y parásitos, o morir por falta de este elemento (Martínez, 2008).

La tasa de respiración de los peces es proporcional a su biomasa y se ve influenciada por la fluctuación de la temperatura. Uno de los factores que influyen considerablemente en los niveles de oxígeno es el estado del tiempo y particularmente si está nublado, ya que la actividad planctónica depende de la luz para realizar la fotosíntesis y disolver el CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>. Es de mucha importancia el monitoreo de los niveles de oxígeno en la noche, dado que a la falta de luz se restringe el proceso de fotosíntesis y causa problemas de niveles críticos de OD. (Martínez, 2006).

Es importante utilizar equipos que ayuden a mantener la disponibilidad de oxígeno en los estanques de cultivo cuando las cantidades de siembra son mayores. En la actualidad existe una diversidad de equipos mecánicos para aireación, donde destacan

los aireadores de gravedad a través de mallas y/o desniveles por caída de agua en cascada, las hélices de aspiración de aire-O<sub>2</sub> que van de 1 a 25 kW por medio de un motor eléctrico, los aireadores de paletas que requieren de 0.75 a 10 kW para dispersar agua al aire por efecto de rotación de paletas sobre la superficie del agua, los sopladores o blowers que son sumergidos en los estanques de cultivo.

### 3.6.3. Potencial de Hidrógeno *pH*

El pH (potencial Hidrogeno) es la concentración de iones hidrógeno en el agua. Consiste en una escala que va de 0 hasta 14 y nos indica si el agua esta ácida o alcalina. Se considera agua acida cuando el pH está por debajo de 7 y alcalina cuando es mayor a este. Cuando el pH en el agua de cultivo no es el ideal para la especie; aunque el agua este oxigenada, los peces tendrán dificultades para respirar. Además el pH tiene una importante influencia en la toxicidad de los metabolitos nitrogenados, un pH mayor a 9 se vuelve altamente toxico si se presentan altas concentraciones de amoniaco (Obregón, 2006).

### 3.6.4. Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

El amonio es la forma del nitrógeno mayormente producida por los peces, es el principal producto final del metabolismo de las proteínas, es una de las sustancias toxicas más comunes en los sistemas de cultivo. El amonio se encuentra en equilibrio en el agua en formas ionizada NH<sub>4</sub><sup>+</sup> y no ionizada NH<sub>3</sub> (amoniac) están interrelacionados con el pH. En conjunto, estas dos formas de amoniaco se llaman NAT lo que significa nitrógeno amoniacal total. Cuando el pH es alto se desplaza el equilibrio hacia la forma ionizada su forma toxica para los organismos (Hernández Herrera, 2001).

### 3.6.5. Nitratos (NO<sub>3</sub>)

El nitrato es un compuesto relativamente inocuo para los peces. Es parte de la oxidación del nitrito. Aunque es un metabolito relativamente inocuo, en concentraciones mayores a 300 ppm llega a causar problemas en los cultivos. Puede ser controlado por dilución y puede servir de fertilizante en los cultivos agrícolas (Masser *et al.*, 1999).

### 3.6.6. Turbidez

La transparencia del agua puede ser medida por un instrumento llamado el disco Secchi, a través de este podemos saber que tan turbia se encuentra el agua (Obregón, 2006). La profundidad de visibilidad de un objeto bajo el agua, tal como el disco de Secchi, nos deja ver la medida de la transparencia. A mayor turbidez del agua, menor será la visibilidad del disco Secchi. La turbidez en estanques de cultivo es causada por el crecimiento de algas y partículas de materia orgánica en suspensión. Ambos tipos de turbidez restringen la penetración de la luz en el agua del estanque y la disminución de esta sobre el fondo del estanque no permite el crecimiento de algas filamentosas y plantas acuáticas macrofitas, indeseables sobre el fondo (Boyd y Tucker, 2012).

### 3.6.7. Salinidad

La salinidad es el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua. Los peces pueden tolerar diferentes salinidades pero son muy sensibles a los cambios bruscos de la misma, dependiendo del estadio en el que se encuentren (las larvas suelen resistir más los cambios de salinidad). El agua de mar contiene 34 ‰ de salinidad, el agua dulce tiene menos de 1‰ (Martínez, 2006).

### 3.6.8. Estándares de la calidad del agua para cultivo de tilapia y camarón.

Cada especie de cultivo tiene necesidades diferentes en cuanto a los niveles de tolerancia de los parámetros que condicionan la calidad del agua. Es por ello que con base en la bibliografía consultada para este trabajo, se realizó un cuadro con los valores mínimos y máximos tolerables para las especies de Tilapia y Camarón blanco (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros físico-químicos óptimos en cultivos de tilapia nilótica y camarón blanco.

<b>Parámetros</b>	<b>Tilapia</b>	<b>Camarón</b>
Temperatura °C	25 - 32	27 - 31
Oxígeno disuelto mg/L	5 - 9	5 - 9
pH	6 - 9	7.5 - 8.5
Amonio mg/L	< 1 - 2	< 1 - 2
Amoniaco mg/L	< 0.1	< 0.1
NAT mg/L	<0.01 - 0.5	<0.01 - 0.5
Nitratos mg/L	0 - 40	0 - 40
Turbidez (Disco de Secchi) cm	10 - >40	10 - >40
Salinidad ‰	< 1 - 24	1 - 40

Cuadro adaptado con valores de referencia de (Boyd *et al.*, 2001; Martínez, 2006; Covarrubias, 2011; Mayer, 2012)

#### 4. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El grado de impacto ecológico, socio-económico y técnico que ocasiona la acuicultura está directamente relacionado con el sistema de producción implementado. Los sistemas de producción pueden ser: extensivo, semi-intensivo e intensivo. Sistemas más intensificados conllevan a utilizar una mayor cantidad de insumos y materias primas (Flores *et al.*, 2007). Una de las actividades más comunes en la acuicultura es el número de recambios periódicos de agua, relacionados con el gasto excesivo y desperdicio del líquido, y al requerirse un bombeo constante, elevan el consumo de energía eléctrica (Figura 1) y generan mayores costos de producción. Aunado a ello, la falta de leyes que regulen las descargas permite a los productores que sus efluentes sean vertidos de manera inadecuada, causando afectaciones directas sobre el agua, suelo y vegetación cuando estas contienen concentraciones elevadas de metabolitos tóxicos al irrigarse en áreas de cultivo cercanas a las instalaciones de las granjas (Flores *et al.*, 2007). Al disminuir el uso del agua se genera una eficiencia mayor en el cultivo, porque gracias al menor uso de agua se reducen los costos generados por el bombeo de la misma.

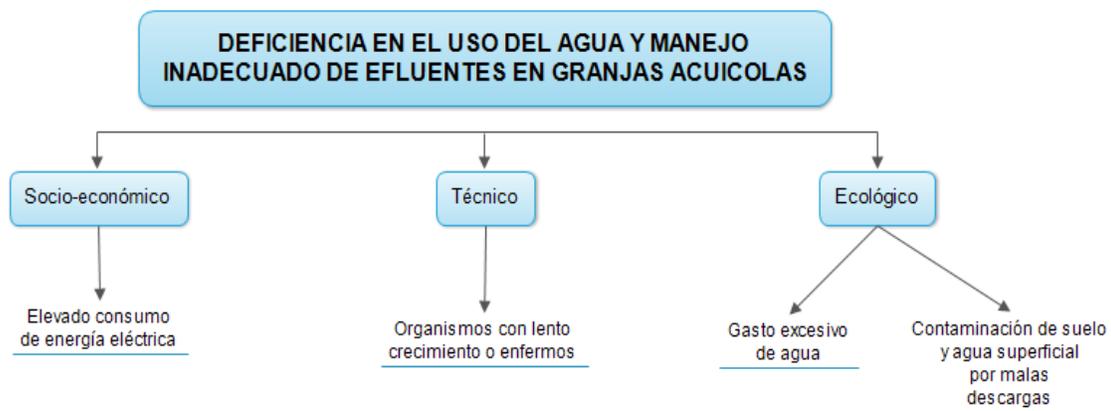


Figura 1. Situación problemática, factores socio-económicos, técnicos y ecológicos.

#### 4.1. Justificación

Ante la importancia que tiene la calidad del agua en la acuicultura y al ser un factor limitante en esta actividad; se realizará la presente investigación con la finalidad de determinar el efecto de la adición del producto BlueEnergy<sup>RenT</sup>(BE) en el agua de cultivo de granjas acuícolas en sistemas intensivos.

Tomando en cuenta algunos de los principales problemas que se tienen en la acuicultura, se analizará y determinará la cantidad adecuada de BE, que debe ser agregada al agua para mantener su calidad durante el tiempo de cultivo, minimizando así la cantidad de agua requerida y el gasto de energía eléctrica, generando un medio de cultivo de buena calidad con organismos sanos y más redituables, de modo que se generen opciones productivas y económicas para los acuicultores en el estado de Veracruz.

#### 4.2. Pregunta de Investigación

¿Cuál es el efecto de la adición de BlueEnergy<sup>RenT</sup> en la calidad del agua de las granjas de cultivo intensivo?

#### 4.3. Hipótesis

El uso de BE en sistemas intensivos de cultivo mejora la calidad del agua mediante la asimilación de compuestos nitrogenados, manteniendo los parámetros productivos y optimizando el uso del agua.

##### Hipótesis específicas

- Existe una metodología de aplicación para la dosificación de BE que mejora los parámetros productivos y de calidad del agua.
- La adición de BE reduce los recambios de agua en granjas acuícolas intensivas.
- El desempeño biológico de tilapia y camarón no se perjudicará por la adición del BE.

#### 4.4. Objetivos

Mejorar la calidad del agua, optimizar su uso y mantener la productividad de tilapia y camarón en granjas acuícolas intensivas mediante el uso de BlueEnergy<sup>RenT</sup>

##### Objetivos específicos

- Determinar el esquema de aplicación de BE
- Reducir el uso de agua en las granjas acuícolas intensivas de tilapia y camarón
- Obtener organismos sanos con las tallas y los pesos adecuados a su estadio de vida.

## 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Enfoque Metodológico

Esta investigación se realizó desde el enfoque cuantitativo que tiene como características la medición de fenómenos para analizar la certeza de la hipótesis formulada en un contexto particular, utilizando la estadística, realizando experimentos; que conllevan al análisis de causa y efecto. Se realiza de manera secuencial, siendo inductivo/deductivo, probatorio y analiza la realidad objetiva. En este enfoque se tiene un control sobre los fenómenos, es preciso y posee la posibilidad de réplica. Tiene su origen en el Positivismo lógico; “busca los hechos o causas de los fenómenos sociales, prestando escasa atención a los estados subjetivos de los individuos” (Cook *et al.*, 1986; Collado *et al.*, 1998).

### 5.2. Alcance de la Investigación

Se realizó un trabajo exploratorio y analítico. Exploratorio porque se estudió un problema poco conocido, que nos da la posibilidad de identificar variables a estudiar en un futuro. Y analítico dado que los datos cuantitativos ayudan a entender la relación entre los factores que intervienen en el objeto de estudio.

### 5.3. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la granja acuícola Acuílan ubicada en el municipio de La Antigua, Veracruz. Su localización está a 19° 22' latitud Norte, 96° 22' longitud Oeste, a una elevación de 20 msnm (Figura 2). Su clima es tropical, con promedio anual de 25.3 °C, de régimen térmico cálido-regular; suelen presentarse lluvias abundantes en el verano y a principios del otoño, y en el invierno las lluvias son de menor intensidad por la influencia de los vientos del norte (INAFED, 2013). Esta granja se dedica a la engorda de mojarra tilapia e inició actividades bajo el nombre de Acuilan en mayo del 2014, con un volumen de producción anual de 28.8 toneladas. Cuenta con 14 estanques circulares de concreto en uso.



Figura 2. Ubicación del área de estudio Fuente: Google Earth®

#### 5.4. Etapas de Investigación

El presente estudio se dividió en dos etapas, que fueron:

##### 5.4.1. Primera etapa: Cultivo de Camarón *L. vannamei*

###### Establecimiento del experimento

Se realizó una limpieza del área y se lavaron los estanques que fueron prestados para realizar la investigación, acondicionándolos con tubería nueva para el flujo del aire y del agua (Anexo 1).

###### a) Compra

Se comenzó con la compra de la postlarva (pL) de camarón blanco (*L. vannamei*) la cual se realizó en el laboratorio de Camaronera, S.A. de C.V., Alvarado, Veracruz, México.

## b) Transporte

Las postlarvas fueron transportadas en dos bolsas plásticas transparentes con 28 L de agua con salinidad de 30 ‰ (Figura 3), hasta las instalaciones de la granja Acuilan en La Antigua Veracruz, cada bolsa contenía aproximadamente 30 mil organismos con una biomasa por bolsa de 72 g, que se colocaron y hieleras de unicel para amortiguar el movimiento.



Figura 3. Oxigenación del agua en las bolsas de transporte

## c) Aclimatación

En la granja se aclimataron inicialmente durante 5 días en tinas de plástico con capacidad de 60 L (Figura 4) agregando 2 L de agua de pozo en periodos de 15 min, en cuanto la capacidad de volumen de agua en las tinas se rebasó se procedió a pasarse las postlarvas a una alberca de plástico con capacidad de 1500 L hasta llegar a una salinidad de 2 ‰. La Talla de la postlarva a la compra era de 0.004626 g pL15. (Quince días en fase de postlarva).



Figura 4. Aclimatación de las postlarvas

#### d) Unidades experimentales

##### Distribución y densidad de siembra

Posterior a la aclimatación y después de 8 días de estar en la alberca se procedió a hacer la distribución de las postlarvas sembrándose 60 pL/m<sup>3</sup> en cada una de las 12 unidades experimentales que consistió en estanques rectangulares de concreto (Figura 5), de los cuales 10 poseen una capacidad de 16 m<sup>3</sup> y 2 con capacidad de 9.6 m<sup>3</sup>; es decir en los primeros 10 se sembraron 960 postlarvas en cada uno y en los 2 restantes 540.

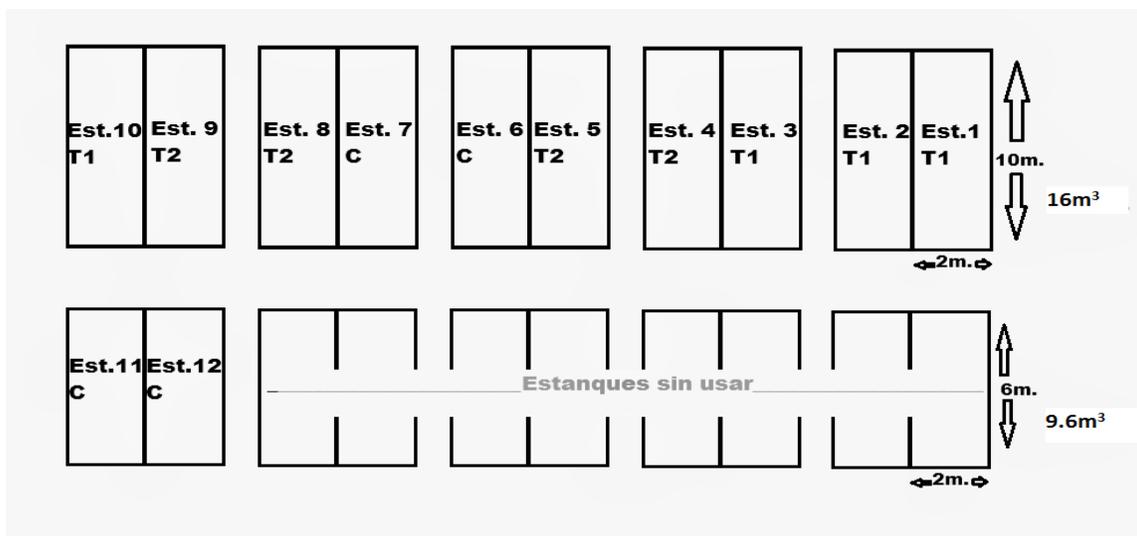


Figura 5. Esquematización de la distribución de los estanques y asignación de tratamientos para el cultivo de camarón.

##### *Inicio del experimento*

El comienzo de la experimentación fue el día 23 de junio de 2015 al 16 de septiembre para completar 86 días de experimentación.

##### *Diseño experimental*

El trabajo se realizó con un diseño experimental completamente al azar; se establecieron dos tratamientos y un control, cada tratamiento con cuatro repeticiones, las cuales quedaron distribuidas al azar en los doce estanques. Bajo la fórmula:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde  $Y_i$  es la observación de la unidad experimental  $j$  (repetición) a la que se le ha aplicado el tratamiento  $i$ ,  $\mu$  es la medida general del experimento,  $\alpha$  es el efecto del tratamiento  $i$  y  $\epsilon_{ij}$  es el efecto del error de la observación.

#### *Tratamiento 1 Dosis fija (T1)*

- Consistió en adicionar una dosis diaria de  $1.5 \text{ g/m}^3$  de BlueEnergy<sup>RenT</sup> (BE), una mezcla de *S. cerevisiae* y melaza deshidratada durante los 86 días.

Este tratamiento mantuvo cero recambios de agua, sólo se repuso el agua perdida por evaporación en el estanque. A este tratamiento le correspondieron los estanques: Est 4, Est 5, Est 8 y Est 9.

#### *Tratamiento 2 Dosis NAT (T2)*

- Consistió en una dosis variable de BE, en proporción a la cantidad de proteína contenida en el alimento suministrado (se determinó conforme al contenido de proteico del alimento).

De igual manera el tratamiento mantuvo cero recambios de agua y solo se repuso el agua perdida por evaporación. A este tratamiento le correspondieron los estanques: Est 1, Est 2, Est 3 y Est 10.

#### *Tratamiento control (Control)*

- En estos estanques no se adiciono BE, recibieron la misma alimentación y mantuvieron un recambio constante de agua. A este tratamiento le correspondieron los estanques: Est 6, Est 7, Est 11 y Est 12. Estos estanque se tomaron como referencia de lo que se realiza y produce en estanques comerciales.

### Manejo de los estanques

- Alimentación: esta fue distribuida con relación a la biomasa de cada unidad experimental en 3 horarios dando; el 25% a las 6:00 am, 25% a las 12:00 pm y el 50% del alimento a las 6:00 pm (Figura 6).



Figura 6. Alimentación en comederos para camarón

- Dosificación de BlueEnergy<sup>RenT</sup>: la dosis de la mezcla de BE, se pesaron en vasos de plástico en una báscula portátil Braunker® sensibilidad de 100 g x 0.01 g, para posteriormente hidratarse con agitación manual constante durante 20 minutos; para la dosis fija se pesaron diariamente 96 g en 4 l de agua y se adicionaba un litro por repetición. En el caso de la dosis NAT se pesó la ración correspondiente para cada repetición y se hidrataba en un litro de agua y posteriormente se vertía al estanque correspondiente. Para determinar la dosis de BE en T2, quincenalmente se calculó el NAT presente en el agua como lo menciona Brunty *et al.* (1997) aplicando la formula siguiente:

$$\text{NAT} = 0.604 * \text{N-Alimento} + 3.88$$

Dónde: N-Alimento= Alimento Ofrecido en gramos

Por recomendación del proveedor de BlueEnergy<sup>®</sup> se multiplicó el NAT por un factor de 11, basado en la relación C:N en el agua de cultivo; ambas dosis fueron pesadas en una báscula portátil Braunker<sup>®</sup>.

- Medición de parámetros de calidad del agua: Se realizó diariamente la medición de los parámetros físicos y químicos del agua dos veces al día, a las 9:00 am y a las 5:00 pm con el equipo YSI professional plus<sup>®</sup> (Figura 7), los parámetros a medir fueron  $\text{NH}_3^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  oxígeno, temperatura, pH y salinidad.



Figura 7. Mediciones de parámetros físicos y químicos

- Registro de datos: Se llevó a cabo un registro de los litros de agua gastados en el tratamiento control y los litros de agua que se repusieron a la pérdida por evaporación en los demás tratamientos, así como el registro del alimento suministrado.
- Biometrías: Cada ocho días se realizaron biometrías a los camarones (Figura 8), capturando con una cuchara de red y colocándose en tinas de plástico con agua del mismo estanque del que eran extraídos; para evitar causarles un estrés con cambios de agua innecesarios. Durante las tres primeras biometría por el tamaño los organismos fueron pesados en grupos en una báscula portátil Braunker<sup>®</sup> sensibilidad de 100 g x 0.01 g y dividiendo el peso entre la cantidad de camarones obteniendo el peso promedio, a partir de la cuarta biometría se pesaron individualmente 30 organismos por replica, utilizando la misma bascula. A su vez durante todas las

biometrías con una regla en escala de centímetros se midió la talla de los organismos tomando diez de cada replica.



Figura 8. Medición de longitud y peso de camarón

- Final de la experimentación: En la onceava biimetría se dio por terminada la experimentación concluyendo los 86 días. Cada una de las repeticiones fue vaciada por completo para poder contar cada uno de los organismos que sobrevivieron en la experimentación. Se midieron y pesaron individualmente 50 organismos de cada repetición para determinar talla promedio. Los organismos fueron donados a la granja que prestó las instalaciones.
- Determinación de parámetros productivos: Con la información recabada se calculó:
  - Ganancia de peso

$$GP= PPF - PPI$$

Dónde:

GP= Ganancia en peso

PPF= Peso promedio final

PPI= Peso promedio inicial

- Tasa de conversión alimenticia

$$\text{TCA} = \text{CTA} / \text{IPG}$$

Dónde:

TCA= Tasa de Conversión Alimenticia

CTA= Consumo Total de Alimento

IPG= Incremento de Peso Ganado

- Porcentaje de Supervivencia

$$\%S = (\text{No.FO} / \text{No.IO}) * 100$$

Dónde:

%S= Índice de Supervivencia

No.FO= Número Final de Organismos

No.IO= Número Inicial de Organismos

- Tasa de crecimiento diario

$$\text{TCD} = \text{GP} / \text{No.DC}$$

Dónde:

TCD= Tasa de Crecimiento Diario

GP= Ganancia de Peso

No.DC= Número de Días de Cultivo

- Tasa de crecimiento específico

$$\text{TCE} = 100 (\ln \text{PF} - \ln \text{PI})/t$$

Dónde:

TCE= Tasa de Crecimiento Específico

In PF= logaritmo natural del Peso Final

In PI= logaritmo natural del Peso Inicial

t= Número de Días de Cultivo

#### 5.4.2. Segunda etapa: Cultivo Tilapia *O. niloticus*

En esta etapa se cambiaron los organismos de cultivo, es decir que posterior a la limpieza y desinfección de los estanques experimentales, utilizados en la prueba con camarón; se estableció el nuevo cultivo sembrando crías de mojarra tilapia revertidos sexualmente (machos) de tilapia *O. niloticus*

#### Compra

Se compraron las crías de tilapia en la Granja Acuícola Tecnopez S.P.R. de R.L. con una talla aproximada de 0.5 g. Los cuales fueron transportados en bolsas de plástico con oxígeno y agua hasta las instalaciones de la Granja Acuilan (Figura 9).



Figura 9. Transporte de las tilapias a la granja Acuilan

### A) Unidades experimentales

Se realizó una biometría para constatar la talla promedio de 1.21 g y en cada uno de los 9 estanques seleccionados para siembra, se sembraron 20 organismos/m<sup>3</sup> (Figura 10), es decir en los estanques con capacidad de 16 m<sup>3</sup> se sembraron 320 organismos y en los de 9.6 m<sup>3</sup> 192 organismos.

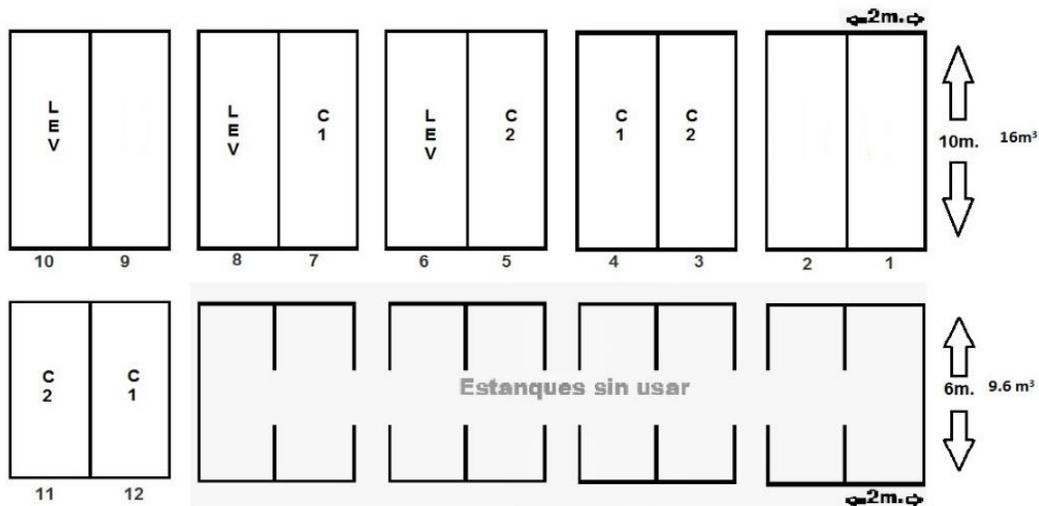


Figura 10. Esquematización de la distribución de los estanques y asignación de tratamientos para el cultivo de tilapia.

### *Inicio del experimento*

El comienzo de la experimentación fue el día 14 de octubre de 2015 al 6 de enero del 2016. Para completar 85 días de experimentación.

### *Diseño experimental*

Se realizó un diseño experimental completamente al azar; estableciéndose un tratamiento y dos tratamientos control, cada tratamiento con tres repeticiones, las cuales quedaron distribuidas al azar en nueve estanques.

### *Tratamiento (T1)*

- Consistió en una dosis de BlueEnergy<sup>RenT</sup>(BE), (mezcla de *S. cerevisiae* y melaza deshidratada) en proporción a los niveles de compuestos nitrogenados en el agua ajustándose la dosis cada quince días. El tratamiento mantuvo cero recambios de agua y solo se repuso el agua perdida por evaporación. A este tratamiento le correspondieron los estanques: Est 6, Est 8 y Est 10.

### *Control 1S/R (C1)*

- En estos estanques no se adiciono BE, recibieron la misma alimentación y no se realizaron recambios, solo se repuso el agua perdida por evaporación. A este tratamiento le correspondieron los estanques: Est 4, Est 7 y Est 12.

### *Control 2 C/R (C2)*

- En estos estanques no se adiciono BE, recibieron la misma alimentación y mantuvieron un recambio constante de agua. A este tratamiento le correspondieron los estanques: Est 3, Est 5 y Est 11.

### *Manejo de los estanques*

Alimentación: esta fue distribuida en 3 horarios alimentando a saciedad aparente y registrando la cantidad de alimento consumido al día (Figura 11).



Figura 11. Alimentación a saciedad de los organismos

- Dosificación de BlueEnergy<sup>RenT</sup>: la dosis fue pesada en vasos de plástico en una báscula portátil Braunker® sensibilidad de 100 g x 0.01 g, para posteriormente hidratarse con agitación manual constante durante 20 minutos. Se pesó la ración correspondiente a cada repetición y se hidrató en un litro de agua, posteriormente fue adicionada al estanque correspondiente. Para determinar la dosis NAT, después de cada biometría se realizaba el cálculo tomando como valor de referencia el último dato tomado del valor del amonio presente en el agua y multiplicado por los 16 m<sup>3</sup>.



Figura 12. Adición de BlueEnergy<sup>RenT</sup> (BE)

- Medición de parámetros: los parámetros físicos y químicos se midieron diariamente, dos veces al día, a las 9:00 am y a las 5:00 pm con el equipo YSI professional plus®. Los parámetros a medir fueron NH<sub>3</sub><sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> oxígeno, temperatura, pH y salinidad. Utilizando un disco de Secchi se midió turbidez.
- Uso del agua: se realizó el registro de los litros de agua gastados en el tratamiento control y cada 8 día se medía la pérdida de agua por evaporación y se adicionaba agua a los estanques que estaban libres de recambio constante. Siendo anotados en la libreta de registros.

- Biometrías: Quincenalmente se realizaron biometrías a las tilapias, capturando con ayuda de una malla de arrastre 30 organismos por repetición, que eran colocados en tinas de plástico con agua del mismo estanque al que pertenecían, hasta ser pesadas una por una utilizando una báscula portátil Braunker® sensibilidad de 100 g x 0.01g durante el pesaje inicial y la primera biometría (Figura 13). Posteriormente las tilapias fueron pesadas en una Ohaus CS Báscula Compacta 2,000 g x 1 g. La medición de la longitud se realizó con una regla graduada en centímetros.



Figura 13. Medición de longitud y peso de tilapia

- Finalización del experimento: El experimento terminó el 06 de enero del 2016, a los 85 días de experimentación. Uno a uno se fueron vaciando los estanques y se realizó un conteo manual de los organismos que sobrevivieron, de cada tanque se tomaron 50 organismos, se pesaron y midieron uno por uno para obtener las tallas promedio, de igual forma se pesó la biomasa total por tratamiento (Figura 14).



Figura 14. Captura y pesaje de la biomasa final de las tilapias.

- Parámetros productivos: Con los datos obtenidos se pudo determinar: Ganancia de peso (GP), tasa de conversión alimenticia (TCA), porcentaje de sobrevivencia (%S), tasa de crecimiento diario (TCD).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El propósito de esta investigación fue optimizar el uso del agua de cultivo en una granja acuícola utilizando BlueEnergy<sup>RenT</sup> (BE) (un producto a base de levadura *S. cerevisiae*), y a la vez se buscó determinar un método de aplicación de BE que permita reducir el uso de agua, manteniendo los parámetros productivos y el bienestar de los organismos.

### 6.1. Primera etapa Cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*

En este apartado se presentan los resultados de la primera etapa de la investigación.

#### *Parámetros de calidad del agua*

Diariamente fueron medidos la Temperatura, Oxígeno, Salinidad, pH, Nitratos y Amonio. A través de estos últimos se determinó la cantidad de amoniaco y el Nitrógeno amoniacal Total presentes. Los valores medios de las variables físicas y químicas se compararon mediante análisis de varianza (ANOVA) de una vía con la prueba de Tukey utilizando un nivel de significancia de 0.05. Los resultados para la mañana y la tarde de las concentraciones medias, con su respectiva desviación estándar, se muestran en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Valor promedio de parámetros de calidad del agua

Parámetros	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Control
Temperatura °C	30.5 ± 1.28 <sup>a</sup>	30.6 ± 1.21 <sup>a</sup>	28.4 ± 0.55 <sup>b</sup>
Oxígeno mg/L	4.81 ± 2.15 <sup>a</sup>	4.7 ± 2.2 <sup>a</sup>	6.2 ± 2.15 <sup>b</sup>
Salinidad ‰	1.73 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.75 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.05 ± 0.03 <sup>b</sup>
Amonio mg/L	1.47 ± 0.41 <sup>a</sup>	1.47 ± 0.39 <sup>a</sup>	1.68 ± 0.25 <sup>b</sup>
Amoniaco mg/L	1.72 ± 1.24 <sup>a</sup>	2.05 ± 1.57 <sup>a</sup>	0.25 ± 0.14 <sup>b</sup>
NAT mg/L	3.19 ± 1.46 <sup>a</sup>	3.52 ± 1.83 <sup>a</sup>	1.93 ± 0.35 <sup>b</sup>
Nitratos mg/L	13.58 ± 2.98 <sup>a</sup>	14.10 ± 3.16 <sup>a</sup>	13.30 ± 2.32 <sup>a</sup>
pH	9.01 ± 0.33 <sup>a</sup>	9.06 ± 0.37 <sup>a</sup>	8.26 ± 0.17 <sup>b</sup>

Medias con la misma letra dentro de hileras son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ), NAT= Nitrógeno Amoniacal Total. Parámetros evaluados a las 8:00 am

Cuadro 3. Valor promedio de parámetros de calidad del agua

Parámetros	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Control
Temperatura °C	33.3 ± 1.4 <sup>a</sup>	33.3 ± 1.39 <sup>a</sup>	30.9 ± 0.76 <sup>b</sup>
Oxígeno mg/L	8.91 ± 2.22 <sup>a</sup>	8.7 ± 2.18 <sup>a</sup>	11.6 ± 3.03 <sup>b</sup>
Salinidad ‰	1.74 ± 0.12 <sup>a</sup>	1.76 ± 0.12 <sup>a</sup>	2.05 ± 0.03 <sup>b</sup>
Amonio mg/L	1.43 ± 0.42 <sup>a</sup>	1.39 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.66 ± 0.42 <sup>b</sup>
Amoniaco m/gL	3.22 ± 1.53 <sup>a</sup>	3.52 ± 1.89 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.28 <sup>b</sup>
NAT mg/L	4.61 ± 1.70 <sup>a</sup>	4.87 ± 1.94 <sup>a</sup>	2.34 ± 0.64 <sup>b</sup>
Nitratos mg/L	12.32 ± 3.22 <sup>a</sup>	12.57 ± 3.24 <sup>a</sup>	12.31 ± 2.56 <sup>a</sup>
pH	9.28 ± 0.23 <sup>a</sup>	9.3 ± 0.27 <sup>a</sup>	8.64 ± 0.13 <sup>b</sup>

Medias con la misma letra dentro de hileras son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ), Parámetros evaluados a las 5:00 pm.

## Temperatura

Con relación a la temperatura del agua durante los días de cultivo, se observó que durante las mañanas se mantuvieron en el rango óptimo para cultivo de camarón, por la tarde los tratamientos con BE rebasaron la temperatura recomendada (Anexo 3-A), lo cual puede explicarse por la falta de recambio de agua y la exposición directa de los estanques a los rayos del sol; en pruebas futuras será recomendable utilizar malla sombra para evitar este efecto. Existió una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), entre los tratamientos con dosis de BE y el control. Valenzuela-Quiñónez *et al.* (2011) concluyen que los camarones pueden encontrar un nivel óptimo de cultivo a temperaturas de 30°C y baja salinidad 15 ‰ debido a que el gasto energético no es elevado.

## Oxígeno

La disponibilidad de oxígeno en el agua está directamente relacionada con la temperatura de la misma, al aumentar la temperatura del agua disminuyen los niveles de oxígeno disuelto (Pérez y Restrepo, 2008). Conforme la temperatura se elevaba el oxígeno disuelto descendía (Anexo 3-B). Las variaciones en la demanda de oxígeno fueron similares entre los tratamientos 1 y 2, manteniéndose en rangos por arriba de 4.5 mg/L a 8 mg/L, tanto en la mañana como por la tarde. Hubo una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) contra el Control, con una marcada tendencia a elevarse en las tardes en todos los tratamientos. En trabajos realizados con cero recambio y densidades de siembra de camarón blanco de 50 y 75 organismos por m<sup>3</sup> se han registrado medias en el OD de 6.3 mg/L sin mostrar diferencias entre mañana y tarde (Audelo-Naranjo *et al.*, 2012). En densidades de siembra de 333 organismos por m<sup>3</sup> utilizando difusores de aire con piedras porosas bajo tratamiento con bio-floc se obtuvieron promedios de oxigenación de 6.08 mg/L (Furtado *et al.*, 2015)

## Salinidad

La salinidad se encontró dentro de los rangos de sobrevivencia del camarón (Anexo 3-C), los valores fueron constantes en el control por la entrada diaria de agua, y presentó variaciones significativas ( $p \leq 0.05$ ) con los Tratamientos 1 y 2 La baja de salinidad en los tratamientos con levadura se puede relacionar a la necesidad de los organismos de adquirir minerales del agua en cero recambio. Los crustáceos son organismos que

requieren de relativamente grandes dosis de calcio para el proceso de la muda y en el camarón blanco (*L. vannamei*), no existen reservas internas de Calcio como se da en otras especies de agua dulce, por lo que el Calcio debe ser tomado continuamente del medio (Ceballos *et al.*, 2012)

#### Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

Los niveles de amonio en los tratamientos con BE tuvieron una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) contra el control, el cual mantuvo una concentración promedio de 1.68 mg/L y fue el T2 quien mantuvo los niveles ligeramente más bajos (Anexo 3-F). En ninguno de los casos se rebasaron los niveles óptimos. En estudios realizados por Frias-Espericueta *et al.* (1999) con juveniles de *Litopenaeus vannamei*, concluyeron que es importante tener un monitoreo continuo del nivel de amonio en el agua de cultivo, evitando que los valores sean mayores 6.5 mg/L, lo que evita el efecto tóxico del compuesto. Estos valores coinciden con los encontrados por Martínez-Córdova *et al.* (2003) en experimentos con camarones cultivados a altas densidades.

#### Amoniaco (NH<sub>3</sub>)

La concentración de amoniaco en el agua fue relativamente más baja en el estanque Control por efecto del pH, donde las concentraciones promedio estuvieron por debajo del valor máximo permitido, mientras que los tratamientos con BE tuvieron valores promedio arriba del 3.52 mg L<sup>-1</sup>. En estos tratamientos la tendencia a bajar sus niveles comenzó a partir del día 57, teniendo por las mañanas los valores más bajos (Anexo 3-G). El amoniaco puede crear problemas de estrés en los camarones. Por lo general el crecimiento y la eficiencia de alimentación son bajas y ocurren efectos adversos bajo exposiciones prolongadas de 0.1 ppm (valores tan bajos como 0.45 mg/L reducen el crecimiento en camarones peneidos). Los camarones pueden tolerar mayores rangos de amoniaco (0.6 - 2.0 ppm) por periodos cortos de exposición, pero cuando esto sucede los organismos de cultivo se ven con mayor vulnerabilidad ante enfermedades (Boyd y Tucker, 2012).

### Nitrógeno Amoniacal Total (NAT)

Para la concentración del NAT hubo una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos 1 y 2 contra el control, que mantuvo las concentraciones más bajas; aunque los tres presentaron valores por arriba del máximo recomendado (Anexo 3-H). Las altas concentraciones de compuestos nitrogenados en los estanques se pueden atribuir a la descomposición de alimento no consumido y heces fecales (Campaña *et al.*, 2009). La concentración de NAT en el experimento bajó drásticamente al séptimo día, coincidiendo con lo reportado por Luo *et al.* (2013), quienes observaron una disminución a los 5 días de los niveles de NAT de 117.28 mg/L a 2mg/L al adicionar una fuente de carbono.

### Nitratos

Los niveles de nitratos no mostraron diferencia significativa ( $p \geq 0.05$ ) entre los tratamientos y el control, sin embargo el tratamiento 2 tuvo las concentraciones más altas con un promedio de 14.10 mg L<sup>-1</sup>. La concentración de nitratos entre los tratamientos fue en aumento durante la experimentación (Anexo 3-E). En descargas de granjas acuícolas se reportan valores de 1.6 mg/L (Córdova y Ocafia, 2007). En otras investigaciones se ha reportado que concentraciones de nitratos de hasta 177 mg/L son aceptables para la crianza de *L. vannamei* en sistemas con bio-floc, con cero recambio de agua, a una salinidad de 23° (Furtado *et al.*, 2015). Se ha demostrado que *L. vannamei* pueden criarse a una salinidad de 11 ‰ con 220 mg / L de nitrato por un período de 6 semanas (Kuhn *et al.*, 2010).

### Potencial Hidrogeno pH

El pH alcanzó valores muy altos en los tratamientos 1 y 2, manteniéndose arriba de 9 a partir del segundo día y durante la mayor parte de la experimentación, en el tratamiento control se mantuvo un pH constante con el promedio más alto por la tarde de 8.6 (Anexo 3-D). La carga y la dosis con base en el alimento no llegaron a modificar el pH como se espera en sistemas más intensivos. El pH influye directamente en el camarón, cuando los valores son menores de 4 los organismos mueren por la acidez del agua, con valores de 4 a 5 no hay reproducción, cuando el pH esta entre 4 y 6 el crecimiento es lento. Se obtiene un crecimiento óptimo cuando el pH se encuentra en rangos de 6-

9. Al superar estos valores los organismos sobreviven con un crecimiento muy lento, Whetstone *et al.* (2002). En trabajos con cultivos de *Penaeus monodon* con cero recambio de agua, utilizando melaza en diferentes dosis relación C:N, se tuvo una tendencia a la baja en los niveles de pH, los cuales tuvieron una disminución significativa conforme se aumentaba la dosis de C:N. contrario a lo registrado en esta investigación (Panjaitan, 2010).

#### *Uso de BlueEnergy<sup>RenT</sup>, alimentación y gasto de agua*

Se realizó una comparación del gasto de BE utilizada (Cuadro 4), se registró la cantidad de alimento ofrecido; ya que con base en el precio por Kg de este, el valor que se le asignó al uso del agua, la energía eléctrica y el precio comercial de la mezcla de levadura, se pudo determinar una aproximación del costo directo de producción que se generó por tratamiento en el cultivo.

Cuadro 4. Parámetros de producción obtenidos en el cultivo de camarón blanco *L. vannamei*

<b>Parámetros</b>	<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>Control</b>
BE adicionado Kg	8.16	10.44	N/A
Alimento ofrecido Kg	28.583 <sup>a</sup>	28.359 <sup>a</sup>	32.58 <sup>b</sup>
Vol. De agua utilizado m <sup>3</sup>	90.3 <sup>a</sup>	90.2 <sup>a</sup>	10,011.972 <sup>b</sup>
Eficiencia del agua m <sup>3</sup> /Kg	4.19 ±1.46 <sup>a</sup>	3.78 ±1.45 <sup>a</sup>	438.74 ±303.76 <sup>b</sup>
Costo directo de producción \$/Kg	78.52 ±2.24	74.74 ±2.02	96.32 ±6.60

Valores con la misma letra dentro de hileras son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Económica y ecológicamente hubo una diferencia con el uso de BE, el tratamiento 2 conllevó a un ahorro monetario mayor, ya que se requirieron \$21.50 menos que en un cultivo convencional y el uso de 110 veces menos agua que el control (Cuadro 4), lo que representa la mayor eficiencia en el uso del agua. Lo cual es la finalidad de la tendencia del cero recambio. En el anexo 7-A se muestran los valores utilizados para determinar el costo directo de producción.

### *Crecimiento del camarón*

Se encontraron diferencias entre los valores medios de la ganancia de peso, de la talla final, la tasa de conversión alimenticia, la tasa de crecimiento y del índice de supervivencia; siendo este último con una diferencia muy marcada entre tratamientos (Cuadro 5). Fue el control el que alcanzó las tallas y el peso más elevado casi el doble del peso alcanzado por los tratamientos con BE.

Cuadro 5. Desarrollo del camarón blanco *L. vannamei* al final de la experimentación.

	<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>	<b>Control</b>
Peso inicial g	0.0196	0.0196	0.0196
Peso final g	7.195 ±1.26	7.982 ±1.54	15.022 ±1.35
Biomasa Kg	21.563	23.881	22.820
Talla final cm	10.27 ± 0.79 <sup>a</sup>	10.62 ± 0.94 <sup>a</sup>	13.31 ± 0.31 <sup>b</sup>
GP g	7.17 ± 1.26 <sup>a</sup>	7.96 ± 1.54 <sup>a</sup>	15.0 ± 1.35 <sup>b</sup>

Medias con la misma letra dentro de columnas son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ )  
GP=Ganancia de peso.

Al desarrollar la prueba de Tukey, se encontró que el tratamiento 1 tuvo una sobrevivencia significativamente mayor que los demás tratamiento seguido por el tratamiento 2 (Cuadro 6). Debido al bajo índice de sobrevivencia del control, la producción de biomasa final no fue elevada como se hubiera esperado (Anexo 6-A). En comparación con las sobrevivencias reportadas a salinidades similares el tratamiento 1 coincide con lo reportado por González *et al.* (2008) su experimentación tuvo un

porcentaje de sobrevivencia del 71%. Angulo *et al.* (2005) registraron 73,2% de sobrevivencia durante 131 días en salinidades bajas.

Cuadro 6. Siembra y sobrevivencia en el cultivo de camarón blanco *L. vannamei*

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Control
Organismos sembrados	3603	3774	3387
Organismos cosechados	2659	2495	1526
% Sobrevivencia	73.7 ± 3.03 <sup>a</sup>	66 ± 7.91 <sup>ab</sup>	45 ± 21.01 <sup>b</sup>

El tratamiento control tuvo una tasa media de conversión alimenticia de 1.42 siendo esta la más alta (Cuadro 7). Se reportan tasas de hasta 2.3. La tasa de conversión alimenticia varía durante el ciclo de producción y dependerá de las poblaciones, pero para camarones de hasta 10 g de peso debería ser entre 0.6-1.0, mientras tanto en camarones de tallas mayores entre 1.0 y 1.3. Lo idóneo es que la TCA no debe ser mayor de 1.5 (Sowers *et al.*, 2006). En este trabajo al aplicar la dosis NAT se obtuvo el mejor Factor de conversión, es decir que por cada 1,19 kg de alimento dado se obtuvo 1 kg de biomasa. Lo cual se puede considerar por la productividad natural del estanque y una eficiencia mayor en el aprovechamiento del alimento. En densidades de siembra de 40 camarones por m<sup>3</sup> se ha reportado TCA hasta de 1.2 (Manzo, 2000).

Cuadro 7. Rendimiento productivo del camarón blanco *L. vannamei*.

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Control
TCA	1.32 ± 0.36 <sup>a</sup>	1.19 ± 0.33 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.87 <sup>a</sup>
TCD	0.08 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.09 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.17 ± 0.01 <sup>b</sup>
TCE	6.84 ± 0.22 <sup>a</sup>	6.96 ± 0.23 <sup>a</sup>	7.71 ± 0.23 <sup>b</sup>

Prueba de Tukey (p<0.05) TCA= Tasa de conversión alimenticia, TCD= tasa de crecimiento diario y TCE= tasa de crecimiento específico

La tasa de crecimiento diario y la tasa de crecimiento específico mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos con BE y el tratamiento control, siendo este último el que obtuvo los mayores valores con un crecimiento promedio diario de 0.17 g (Cuadro 7).

A partir del día 15 los tratamientos mostraron una separación marcada contra el control, que tuvo un crecimiento mayor (Figura 15), al llegar al día 36 el control ya había doblado la talla de los organismos con tratamiento de BE, manteniendo esta tendencia hasta el final de la experimentación, los camarones del control alcanzaron un peso promedio de 15 g y los tratamientos con BE 7.9 y 7.1 g dosis NAT y dosis Fija respectivamente. En un trabajo realizado con cultivos en agua de pozo, posterior a 84 días de cultivo con salinidades  $< 1$  determinaron una media en camarón blanco de 8,8 g (Quiñonez *et al.*, 2010). En otro estudio con baja salinidades en estanques rusticos se alcanzo una talla promedio de 10 g a la semana catorce de cultivo (González *et al.*, 2008).

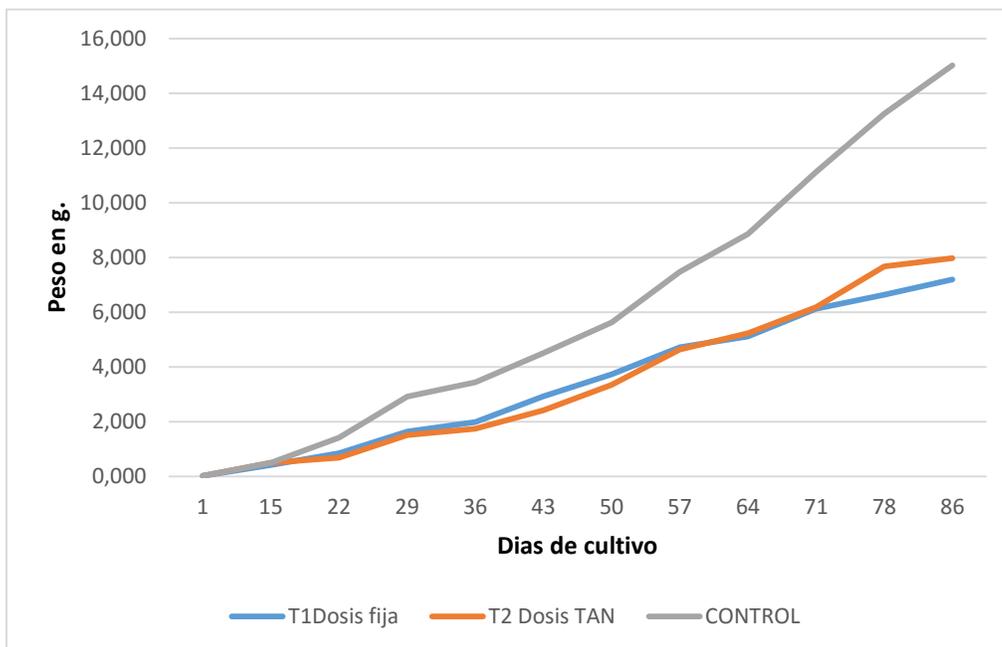


Figura 15. Curva de crecimiento del camarón *L. vannamei*

Aunque la diferencia de tallas fue altamente notoria, la dispersión de las mismas fue mayor para el control, los tratamientos con BlueEnergy<sup>RenT</sup> (BE) mostraron un crecimiento homogéneo entre sus organismos (Figura 16).

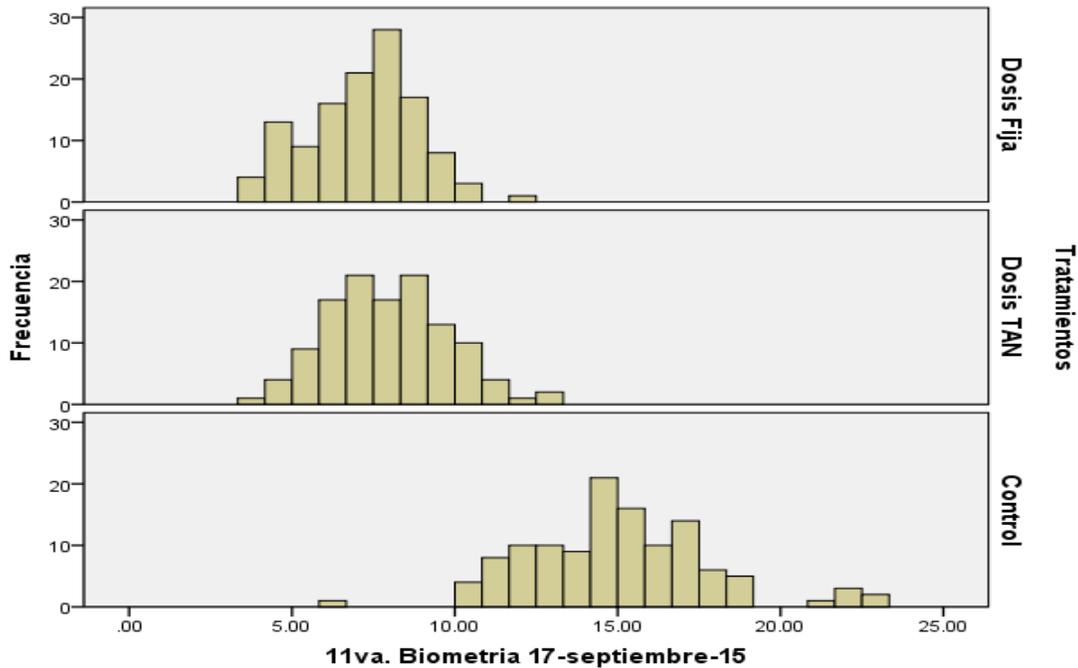


Figura 16. Dispersión de tallas del camarón *L. vannamei* al finalizar la experimentación.

Aunque durante esta experimentación no se midió la turbidez del agua, se pudo observar un comportamiento diferente entre las formaciones de algas y la coloración del agua en los estanques, a partir del octavo día en los estanques del Control comenzó a proliferar una gran cantidad de algas filamentosas que tuvieron que ser removidas manualmente a diario, estos estanques mantuvieron una coloración verde intenso durante toda la experimentación, disminuyendo la presencia de las algas filamentosas a partir de la octava semana. Por su parte el tratamiento 1 fue el que menor cantidad de algas presentó, para el octavo día de experimentación la coloración del agua era café traslucida y fue cambiando a tonos de verde y café durante el experimento. El tratamiento 2 en el octavo día presentaba un tono verde olivo el cual perduro hasta el día 14 donde se tornó amarillo verdoso y con presencia de floculos de consistencia gelatinosa y transparentes (Anexo 2). Al vaciar los estanques Controles tenían las

paredes cubiertas por una gruesa capa de algas, a diferencia de los tratamientos 1 y 2 en las que la presencia fue menor.

## 6.2. Segunda etapa Cultivo de Tilapia *Oreochromis niloticus*

En este apartado se presentan los resultados de la segunda etapa de la investigación.

### *Parámetros de calidad del agua*

Al término de la experimentación con camarón se inició el experimento con tilapia como estaba indicado en la metodología, se continuo monitoreando diariamente por la mañana y la tarde los parámetros físicos y químicos de Temperatura, Oxígeno, Salinidad, pH, Nitratos, Amonio. Estos últimos datos nos ayudaron a determinar a cantidad de amoniaco y el Nitrógeno amoniacal Total disueltos en el agua, además se agregó la medición a mitad del día de la turbidez utilizando disco de Secchi. En los Cuadros 8 y 9 se muestran por tratamiento los resultados de la mañana y la tarde de las concentraciones medias con sus respectivas desviaciones estándar, comparando con los valores recomendados para el cultivo de tilapia con base en las referencias citadas.

Cuadro 8. Valor promedio de parámetros de calidad del agua

Parámetros	Control 1 S/R	Control 2 C/R	Tratamiento 1
Temperatura °C	25.8 ± 2.05 <sup>a</sup>	26.0 ± 0.81 <sup>b</sup>	25.8 ± 2.11 <sup>a</sup>
Oxígeno mgL <sup>-1</sup>	5.1 ± 2.4 <sup>a</sup>	5.1 ± 2.7 <sup>a</sup>	4.5 ± 2.4 <sup>a</sup>
Salinidad‰	2.16 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.05 ± .009 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.16 <sup>a</sup>
Amonio mgL <sup>-1</sup>	0.73 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.4 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.4 <sup>a</sup>
Amoniaco mgL <sup>-1</sup>	0.22 ± 0.5 <sup>a</sup>	0.03 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.23 ± 0.4 <sup>a</sup>
NAT mgL <sup>-1</sup>	0.94 ± 0.85 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.48 <sup>a</sup>	0.92 ± 0.85 <sup>a</sup>
Nitratos mgL <sup>-1</sup>	31.6 ± 9.31 <sup>a</sup>	30.8 ± 11.5 <sup>a</sup>	32.1 ± 10.9 <sup>a</sup>
pH mgL <sup>-1</sup>	8.1 ± 0.42 <sup>a</sup>	7.71 ± 0.2 <sup>b</sup>	8.1 ± 0.4 <sup>a</sup>
TDS* cm	34.4 ± 17.1 <sup>a</sup>	77.06 ± 5.1 <sup>b</sup>	31.86 ± 16 <sup>a</sup>

Medias con la misma letra dentro de hileras son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
 Parámetros evaluados a las 8:00 am, NAT= Nitrógeno Amoniacal Total, TDS= Turbidez disco de secchi. \*medición a las 12:00 pm

Cuadro 9. Valor promedio de parámetros de calidad del agua en el cultivo de tilapia *O. niloticus*.

Parámetros	Control 1 S/R	Control 2 C/R	Tratamiento 1
Temperatura °C	27.3 ± 2.3 <sup>a</sup>	28.3 ± 1.2 <sup>b</sup>	27.4 ± 2.3 <sup>a</sup>
Oxígeno mgL <sup>-1</sup>	7.3 ± 2.4 <sup>a b</sup>	6.6 ± 1.8 <sup>b</sup>	7.6 ± 2.5 <sup>a</sup>
Salinidad ‰	2.16 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.05 ± .008 <sup>b</sup>	2.19 ± 0.16 <sup>a</sup>
Amonio mgL <sup>-1</sup>	0.75 ± 0.35 <sup>a</sup>	0.71 ± 0.36 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.38 <sup>a</sup>
Amoniaco mgL <sup>-1</sup>	0.19 ± 0.5 <sup>a b</sup>	0.02 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.21 ± 0.47 <sup>a</sup>
TAN mgL <sup>-1</sup>	0.91 ± 0.74 <sup>a</sup>	0.74 ± 0.38 <sup>a</sup>	0.87 ± 0.75 <sup>a</sup>
Nitratos mgL <sup>-1</sup>	29.8 ± 11.2 <sup>a</sup>	26.6 ± 10.67 <sup>a</sup>	28.7 ± 10.2 <sup>a</sup>
pH mgL <sup>-1</sup>	8.2 ± 0.43 <sup>a</sup>	7.83 ± 0.18 <sup>b</sup>	8.2 ± 0.44 <sup>a</sup>

Medias con la misma letra dentro de hileras son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).  
 Parámetros evaluados a las 4:00 pm.

Con la prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía HSD de Tukey a ( $p \leq 0.05$ ) de nivel de significancia, se realizó la comparación de medias de las variables de los parámetros de calidad del agua; en las concentraciones de Oxígeno, Amonio, Nitrógeno amoniacal total y Nitratos no hubo diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). Los niveles de temperatura, pH, turbidez y la concentración de amoniaco y salinidad no mostraron diferencia ( $p > 0,05$ ) entre el control 1 y la levadura, pero estos si difirieron ( $p < 0.05$ ) del control 2.

### Temperatura

La temperatura influye en el buen desarrollo del cultivo de tilapia, la experimentación se realizó en los meses de invierno, cuando se registran las temperaturas más bajas en el área de estudio, sin embargo se registró una media favorable para el buen desempeño de la tilapia tanto en el control con recambio, como en el control sin recambio y el tratamiento 1 con BE. Las temperaturas comenzaron a descender a partir del día 43 de la experimentación (Anexo 5-A), al final del experimento fue el control el que reportó las temperaturas más bajas descendiendo cerca de los 20 °C. Los rangos que se registraron en las medias de 25 a 28 °C estuvieron dentro de los parámetros óptimos recomendados para el cultivo de tilapia (El-Sayed, 2006; Widanami *et al.*, 2012).

### Oxígeno

Los valores de oxígeno tuvieron una tendencia a disminuir conforme fue aumentando la biomasa de los organismos, se inició con valores por encima de los 8 mg/L y en las últimas semanas se registraron valores de 1 mg/L (Anexo 5-B). Por las tardes las medias mostraron diferencia significativa entre el tratamiento con BE y el control con recambio, pero estos no tuvieron diferencias contra el control sin recambio, durante las mañanas no se registraron diferencias estadísticas. Cabe destacar que esto fue posible por la utilización de un aireador que estuvo en función todos los días las 24 hrs. Las medias se mantuvieron por encima de los 6 mg/L, condiciones favorables para el desarrollo del cultivo de la especie (Velazco *et al.*, 2006; Covarrubias, 2011)

### Salinidad

A diferencia de lo que ocurrió en el experimento con camarón, dado que la tilapia es un organismo de agua dulce, la salinidad presente en el agua no disminuyo en los estanques de cero recambio, por lo contrario a partir del día 14 hubo un pequeño

aumento en las concentraciones de sales que puede ser ligado a la evaporación del agua (Anexo 5-C), ya que se mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre el tratamiento con recambio de agua y los de cero recambio, el cual mantuvo su salinidad desde el inicio de la experimentación. La tilapia es un organismo de agua dulce, pero que se adapta a salinidades hasta 35‰, sin embargo, a altas concentraciones hay deficiencia de crecimiento y una menor sobrevivencia, las condiciones de salinidad en las que se realizó este estudio fueron óptimas para el desarrollo de los organismos, ya que la presencia de sales fue  $< 2.2$  mg/L (Mena-Herrera *et al.*, 2002).

#### Amonio

Las concentraciones de amonio en el agua no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos, se mantuvieron por debajo de los niveles máximos recomendados, con una marcada disminución de la concentración presente inicial a partir del día 28 (Anexo 5-F). Milstein *et al.* (2001) reporta concentraciones promedio de 0.40 mg/L en cultivo de tilapia en sistemas intensivos.

#### Amoniaco

Para el caso del amoniaco se observó una diferencia significativa entre el control con recambio y los tratamientos de cero recambio; siendo estos últimos los de mayor concentración y los que rebasaron por 0.1 mg los niveles máximos recomendados durante los primeros 30 días de la experimentación (Anexo 5-G), después de esta fecha lograron estabilizarse por debajo de los niveles tóxicos. Kubitza (2011) reporta niveles máximos en cultivos con bio-floc de 0.12 mg/L

#### Nitrógeno Amoniacal Total

La presencia del NAT en los estanques de cultivo no mostro diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Sin embargo la concentración estuvo relativamente alta 0.4 mg/L, por arriba del máximo recomendado al inicio de la experimentación, a partir del día 14 tuvo una tendencia a disminuir su concentración, se mantuvo por debajo de 1 mg/L después del día 32 (Anexo 5-H). Reportes de cultivos de tilapia en sistemas bio-floc han registrado valores de 0.6 a 12 mg/L (Kubitza, 2011).

## Nitratos

La concentración de nitratos en el agua no mostró diferencia significativa entre los tratamientos, se mantuvo dentro de los rangos permisibles para el cultivo de tilapia, con una tendencia a elevarse después del día 29 (Anexo 5-E). Widanarni *et al.* (2012) utilizando un sistema bio-floc a una densidad de siembra de 50 organismos por m<sup>3</sup> registraron valores de nitratos por 2.93 mg/L y en su tratamiento control con la misma densidad valores de 2.57 mg/L. los valores registrados en esta investigación están por encima de lo que ellos reportan, no son superiores a lo recomendado en otras investigaciones que reportan niveles de aproximadamente 20 a 30 mg/L (Milstein *et al.*, 2001).

## pH

Los niveles de pH fluctuaron entre 7.7- 8.2, valores que estuvieron dentro de los rangos recomendados para el cultivo de tilapia, siendo el control con recambio de agua el que registro el menor grado de pH y con menos fluctuaciones, marcando una diferencia significativa contra los tratamientos sin recambio que comenzaron a disminuir sus valores a partir del día 40 de la experimentación (Anexo 5-D). En comparación con el trabajo con camarón, al requerirse una mayor cantidad de BE fue más bajo el pH. Azim y Little (2008) reportan valores de 6.7 en sistemas bio-floc en cultivos de tilapia, Kubitzka (2011) obtuvo valores de 7 a 8 y Widanarni *et al.* (2012) valores de 6.3 a 7.5.

## Turbidez

En este experimento se anexó la variable de turbidez (Anexo 4-B), la cual mostro una diferencia significativa entre los tratamientos sin recambio de agua y el control con recambio, este último mantuvo durante la experimentación el agua más clara, fue el tratamiento con BlueEnergy<sup>RenT</sup> el que mostro la mayor turbidez cayendo a la mitad (40 cm) a partir del séptimo día (Anexo 5-I).

Los primeros tres días el agua mantuvo una transparencia en todos los tratamientos, fue a partir del cuarto día cuando los tratamientos sin recambio comenzaron a tornarse a un color verde claro, en el noveno día el agua con dosis de BE tomó tonalidades de verde claro a un verde más intenso y para el final de la experimentación tonos de verde esmeralda, en el caso del control 2 el cambio fue de un verde claro, a un verde intenso

y posteriormente a un tono marrón claro. Durante la experimentación no se formaron floraciones de micro algas, ni fueron visibles floculaciones de la levadura. Del día 38 al 43 se registró elevada cantidad de espuma en todos los tratamientos, esto coincide con lo reportado por Kubitza (2011) quien menciona que en un experimento con bio-floc entre el día 21 y 28 de su experimentación notaron la presencia de espuma en las superficie de sus estanques de cultivo de tilapia.

En los días 57, 71 y 85 del cultivo se hizo una comparación en conos imhoff de los materiales sedimentables por tratamiento utilizando un pull de las repeticiones donde el control 2 con recambio de agua constante fue el que tuvo menos solidos sedimentables presentes en comparación con el control 1 y el tratamiento 1 que presentaron mayor materia sedimentable (Figura 17).



Figura 17. Sedimentación en conos Imhoff días 57, 71 y 85.

Al final de la experimentación y vaciado de los estanques se pudo detectar en el control con cero recambios una alta acumulación de materia orgánica en el fondo con un olor fétido, situación menos marcada en el tratamiento 1.

#### *Uso de BlueEnergy<sup>RenT</sup>, alimentación y gasto de agua en el cultivo de tilapia*

En el experimento con tilapia se decidió utilizar la dosis de BE conforme al NAT, ya que fue considerada la dosis más rentable en el tratamiento con camarón. Se optó por hacer

una comparación contra un tratamiento sin recambio de agua y uno con recambio. En el Cuadro 10 se observan los valores de parámetros de producción.

Cuadro 10. Parámetros de producción tilapia *O. niloticus*

Parámetros	Control 1 S/R	Control 2 C/R	Tratamiento 1
BlueEnergy <sup>RenT</sup> adicionado Kg	N/A	N/A	13.434
Alimento ofrecido Kg	109.521 <sup>a</sup>	156.03 <sup>b</sup>	113.065 <sup>a</sup>
Vol. de agua utilizado m <sup>3</sup>	70.1 <sup>a</sup>	7,701.686 <sup>b</sup>	70.6 <sup>a</sup>
Eficiencia del agua m <sup>3</sup> /Kg	0.66 ±0.10 <sup>a</sup>	51.32 ±9.8 <sup>b</sup>	0.58 ±0.7 <sup>a</sup>
Costo directo de producción \$/Kg	22.90±2.92	26.13 ±2.03	24.60 ±1.45

Medias con la misma letra dentro de columnas son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

Se utilizó un total de 13.434 Kg de BE durante toda la prueba. El Control 2 fue al que mayor cantidad de cantidad de alimento se le ofreció.

Como sucedió en el experimento con camarón, el volumen de agua requerido para el tratamiento control con recambio registró la más baja eficiencia de agua con un consumo de 51.32 m<sup>3</sup> (Cuadro 10). Contra el tratamiento 1 y el control 1 sin recambio de agua que gastaron 109 veces menos agua que en el control 2 el cual tuvo el mayor costo de producción. Una tasa alta en el recambio del agua es indeseable desde el punto de vista de la calidad del agua y los costos adicionales incurridos por el alimento que no es aprovechado y se escapa por la salida del agua, aunado al gasto de energía eléctrica (Milstein *et al.*, 2001).

En comparación con el costo que se generó en el control 2, los costos directos de producción fueron menor en el tratamiento con BE y el control 1 sin recambio de agua, generando un ahorro económico promedio de \$1.53<sup>00</sup> por kilogramos producidos. En el anexo 7-B se muestran los valores utilizados para determinar el costo directo de producción.

### *Crecimiento de la tilapia*

Al día 85 que finalizo la experimentación se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los valores medios del control 1 y el tratamiento 1 con BE contra el control 2 en ganancia de peso y la talla final (Cuadro 11). Fue el control 2 el que alcanzó las tallas y el peso más elevado, obteniendo 67 g más que el tratamiento con BE y 40 g más que el control 1, sin embargo por influencia del índice de sobrevivencia, la producción de biomasa final no presentó una diferencia alta (Anexo 6-B). El de mayor producción fue el control 2, seguido por el tratamiento 1 y el control 1. Según lo mencionado por Delgadillo *et al.* (2011) los juveniles de tilapia en edad de 100 a 120 días deben tener un peso de 100 a 230 g y una talla de 10 a 15 cm, el peso de nuestros organismos es similar al de la curva de crecimiento que manejan.

Cuadro 11. Desarrollo de la tilapia al final de la experimentación (promedio)

	<b>Control 1 S/R</b>	<b>Control 2 C/R</b>	<b>Tratamiento 1</b>
Peso inicial g	1.21 $\pm$ 0.23	1.21 $\pm$ 0.23	1.21 $\pm$ 0.23
Peso final g	157.78 $\pm$ 18.25 <sup>a</sup>	197.98 $\pm$ 24.86 <sup>b</sup>	130.96 $\pm$ 7.71 <sup>c</sup>
Biomasa Kg	106.283	150.184	121.084
Talla final cm	20.11 $\pm$ 0.73 <sup>a</sup>	21.50 $\pm$ 0.43 <sup>b</sup>	19.20 $\pm$ 0.30 <sup>a</sup>
Ganancia de Peso g	156.57 $\pm$ 18.25 <sup>a</sup>	196.77 $\pm$ 15.43 <sup>b</sup>	129.75 $\pm$ 13.35 <sup>a</sup>

El control 1 y el tratamiento 1 con BE mostraron una diferencia significativa en el índice de supervivencia, el control 2 no mostro diferencia con los tratamientos, la supervivencia obtenida fue mayor al 96% (Cuadro 12).

Cuadro 12 Siembra y porcentaje de sobrevivencia %S obtenidos en el cultivo de tilapia *O. niloticus*

	<b>Control 1 S/R</b>	<b>Control 2 C/R</b>	<b>Tratamiento 1</b>
Organismos sembrados	874	881	1011
Organismos cosechados	844	870	1007
%Sobrevivencia	96.3 ±1.47 <sup>a</sup>	98.56 ±0.92 <sup>ab</sup>	99.6 ±0.34 <sup>b</sup>

En la tasa de conversión alimenticia no hubo diferencia significativa (Cuadro 13). En los cultivos se busca obtener la tasa más baja, lo más cercano a 1, sugiriendo que por cada kilo de alimento dado se obtenga un kilo de biomasa. El tratamiento control registró una tasa de conversión alimenticia de 0.93, cuestión que se puede atribuir a que los organismos encontraron otra fuente de alimento en la columna de agua, posiblemente pudieron consumir la misma levadura que fue adicionada por medio del BE. En trabajos realizados con cultivo de tilapia bajo un sistema bio-floc se han reportado  $1,9 \pm 0,4$  kg de alimento / kg de pescado producido (Crab *et al.*, 2009).

En el tratamiento control el crecimiento diario promedio fue de 2.31 g y un crecimiento específico de 5.99 g. Crab *et al.* (2009) reporta un crecimiento diario medio de  $0.29 \pm 0,03$  por pez, por su parte Adeoye *et al.* (2016) reporta un crecimiento específico en cultivo de tilapia de 2.3. En una investigación de cultivo de tilapia en un sistema de bio-floc de cultivo de alta densidad con una relación C:N de 10 a 1 obtuvo tasa de conversión alimenticia de 1.01 y una ganancia de peso diario de 1.09 g/día (Pérez-Fuentes *et al.*, 2016).

Cuadro 13. Rendimiento productivo de la tilapia *O. niloticus*

	Control 1 S/R	Control 2 C/R	Tratamiento 1
TCA	1.04 ±0.22 <sup>a</sup>	1.04 ±0.12 <sup>a</sup>	0.93 ±0.04 <sup>a</sup>
TCD	1.84 ±0.21 <sup>a</sup>	2.31 ±0.18 <sup>b</sup>	1.52 ±0.15 <sup>a</sup>
TCE	5.72 ±0.13 <sup>ab</sup>	5.99 ±0.08 <sup>b</sup>	5.50 ±0.12 <sup>a</sup>

TCA= tasa de conversión alimenticia, TCD= tasa de crecimiento diario y TCE= tasa de crecimiento específico.

La diferencia de peso entre los tratamientos se comenzó a notar en la tercer biometría a partir del día 29 (Figura 18) donde comenzó a despegar el crecimiento del control, para el día 57, el tratamiento 1 poseía un peso de 78 g, el control 1 un peso de 87.6 g y el control 2 97.2 g, al finalizar la experimentación el control 2 registró un peso promedio de 197.9 g 33% más que el tratamiento 1.

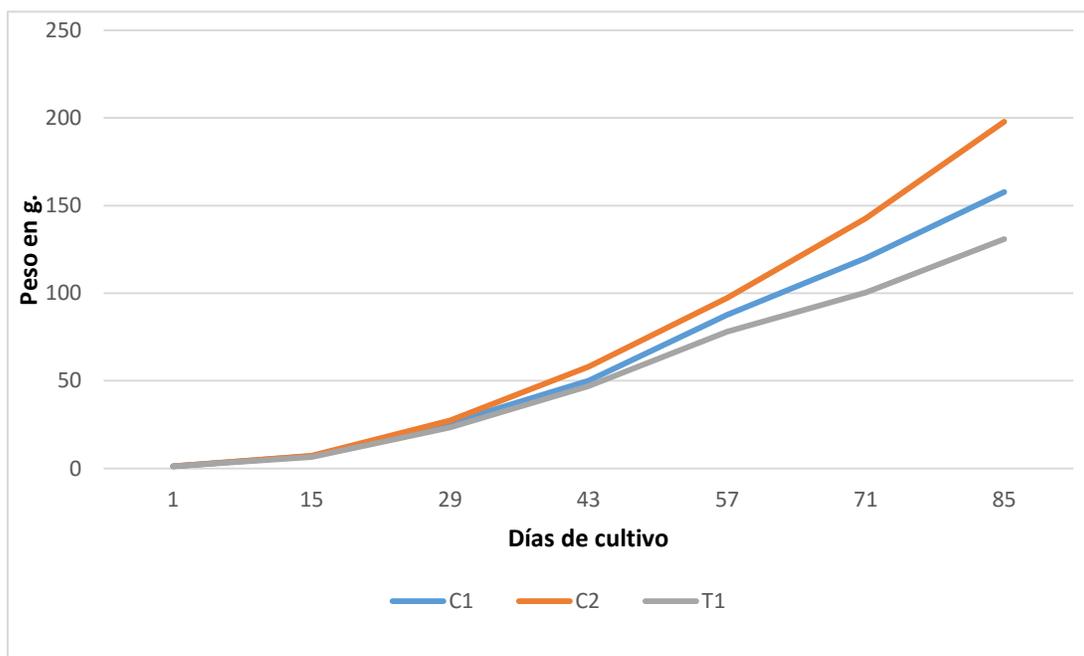


Figura 18. Curva de crecimiento de tilapia *O. niloticus* durante la experimentación.

El control 2 con recambio de agua fue el que mostro la mayor dispersión de talla, sin embargo las tallas más pequeñas se registraron en el tratamiento con BE (Figura 19).

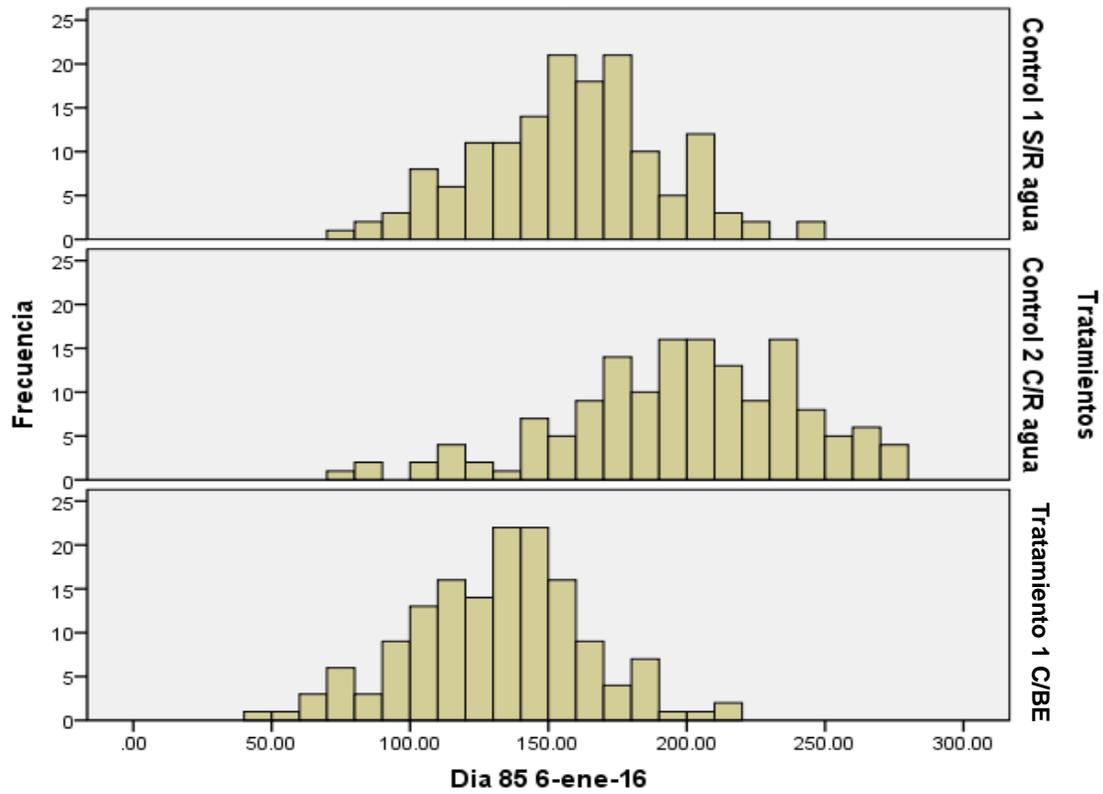


Figura 19. Dispersión de tallas tilapia *O. niloticus* al final de la experimentación

## 7. CONCLUSIONES

Para la investigación del efecto del BlueEnergy<sup>RenT</sup> en el cultivo de camarón blanco *L. vannamei* se concluye que:

- En el cultivo de camarón no se logró mejorar la calidad del agua utilizando BE.
- De las dos dosis que se utilizaron se determinó que la dosis que mejores resultados tuvo fue la dosis TAN, debido a que en comparación con la dosis fija presento la mejor Tasa de conversión alimenticia, alcanzó el mayor peso, mantuvo el gasto de agua más bajo y el menor costo de producción.
- La aplicación de BE logró reducir el uso de agua en las granjas acuícolas, utilizando 110 veces menos agua que en un cultivo tradicional con flujo constante.
- Utilizando BE fue posible obtener organismos visiblemente sanos con las tallas y los pesos adecuados a su estadio de vida.

Para la investigación del efecto del BlueEnergy<sup>RenT</sup> en el cultivo de tilapia nilótica *O. niloticus* se concluye que:

- En el cultivo de tilapia no se mejoró la calidad del agua utilizando BE
- La aplicación de BE logró reducir el uso de agua en las granjas acuícolas, utilizando 109 veces menos agua que en un cultivo tradicional con flujo constante.
- Utilizando BE fue posible obtener organismos visiblemente sanos con las tallas y los pesos adecuados a su estadio de vida.

## 8. LITERATURA CITADA

- Adeoye, A. A., R. Yomla, A. Jaramillo-Torres, A. Rodiles, D. L. Merrifield y S. J. Davies. 2016. Combined effects of exogenous enzymes and probiotic on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth, intestinal morphology and microbiome. *Aquaculture* 463: 61-70.
- Altieri, M. A. 1995. El agroecosistema: Determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad. En: *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. 2da ed. Santiago de Chile. .
- Angulo, C., A. Mejía y R. Engel. 2005. Cultivo experimental de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en el valle del mezquital, Hidalgo, México. *Panorama Acuícola* 1: 10-13.
- Aquafeed, I. 2014. Ras – sistemas de recirculación acuícola.
- Audelo-Naranjo, J. M., D. Voltolina y E. Romero-Beltrán. 2012. Culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) with zero water exchange and no food addition: An eco-friendly approach. *Latin American Journal of Aquatic Research* 40: 441-447.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264: 140-147.
- Azim, M. E. y D. C. Little. 2008. The biofloc technology (bft) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283: 29-35.
- Bartram, J. y R. Ballance. 1996. *Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. CRC Press.
- Beamonte, E., J. Bermúdez, A. Casino y E. Veres. 2003. Un indicador global para la calidad del agua. *Actas, 27 Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa Lleida*. pp. 8-11.
- Boyd, C., M. Haws y C. Boyd. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. *Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica*. Managua: Imprenta UCA: 30.
- Boyd, C. E. y C. S. Tucker. 2012. *Pond aquaculture water quality management*. Springer Science & Business Media.
- Brunty, J., R. Bucklin, J. Davis, C. Baird y R. Nordstedt. 1997. The influence of feed protein intake on tilapia ammonia production. *Aquacultural Engineering* 16: 161-166.
- Buschmann, A. y A. Fortt. 2005. Efectos ambientales de la acuicultura intensiva y alternativas para un desarrollo sustentable. *Revista Ambiente y Desarrollo* 21: 58-64.
- Campaña, A. T., L. R. Martínez-Córdova, H. Villarreal-Colmenares, J. Hernández-López, J. M. Ezquerro-Brauer y E. Cortés-Jacinto. 2009. Efecto de la adición del rotífero *Brachionus rotundiformis* (Tschugunoff, 1921) sobre la calidad del agua y

- la producción, en cultivos super-intensivos de camarón blanco del pacífico *litopenaeus vannamei* (boone, 1931). *Revista de biología marina y oceanografía* 44: 335-342.
- Castro-Nieto, L., T. Castro-Barrera, R. De Lara-Andrade, J. Castro-Mejía y G. Castro-Mejía. 2012. Sistemas biofloc: Un avance tecnológico en acuicultura.
- Ceballos, B. J., C.-M. , J. E. y F. y Vega-Villasante. 2012. Cultivo tierra adentro de camarón marino *litopenaeus vannamei*: Evaluación del agua de dos granjas acuícolas en. *REDVET - Revista electrónica de Veterinaria* 13.
- Collado, C. F., R. H. Sampieri y P. B. Lucio. 1998. Metodología de la investigación. McGraw-Hill Interamericana.
- CONAPESCA, C. N. d. P. y. A. 2003. Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2003. "Disponible en línea en:" [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona\\_anuario\\_estadistico\\_de\\_pesca](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/cona_anuario_estadistico_de_pesca) Consultado el: marzo-26 2015.
- CONAPESCA, C. N. d. P. y. A. 2012. Anuario estadístico de acuicultura 2012. "Disponible en línea en:" [http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2012/ANUARIO\\_ESTADISTICO\\_DE\\_ACUACULTURA\\_Y\\_PESCA\\_2012.pdf](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/work/sites/cona/dgppe/2012/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2012.pdf). Consultado el: marzo-26 2015.
- Cook, T. D., C. S. Reichardt, J. M. A. Méndez y G. Solana. 1986. Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa. Morata Madrid.
- Córdova, L. R. M. y L. F. E. Ocafía. 2007. With special emphasis on the olychaetes. *Online Journal of Biological Sciences* 7: 12-17.
- Covarrubias, J. C. B. 2011. Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana. *Revista Fuente Año* 3.
- Crab, R., Y. Avnimelech, T. Defoirdt, P. Bossier y W. Verstraete. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270: 1-14.
- Crab, R., M. Kochva, W. Verstraete y Y. Avnimelech. 2009. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. *Aquacultural Engineering* 40: 105-112.
- De la Mora, G., E. L. Villareal-Delgado, J. L. Arredondo-Figueroa, J. T. Ponce-Palafox y I. d. I. A. Barriga-Sosa. 2003. Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica* 13: 247-253.
- Delgadillo, S., J. Reta Mendiola, A. Asiain Hoyos, B. Fernandez Diaz, C. Suarez Santacruz y H. Gallegos Salcedo. 2011. Crianza, pre-engorda y engorda de tilapia. Guía ilustrada para los productores de tilapia del estado de morelos. *In: Morelos C. d. P.-F. P.s* (ed.).
- El-Sayed, A.-F. M. 2006. Tilapia culture. CABI.
- FAO, O. d. I. N. U. p. I. A. y. I. A. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura "Disponible en línea en:" <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s01.pdf>. Consultado el: enero-18 2016.

- FAO, O. d. I. N. U. p. I. A. y. I. A. 2016. Acuicultura. "Disponible en línea en:" <http://www.fao.org/aquaculture/es/>. Consultado el: Abril-09 2016.
- Flores, J. I., E. M. González y P. D. Prado. 2007. Puntos críticos en la evaluación de impacto ambiental de la camaronicultura en el pacífico de nicaragua, durante su proceso productivo: Producción de larvas, operación y abandono de granjas. Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León 1: 33-38.
- Frias-Espericueta, M., M. Harfush-Melendez, J. Osuna-López y F. Páez-Osuna. 1999. Acute toxicity of ammonia to juvenile shrimp *penaeus vannamei* boone. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 62: 646-652.
- Furtado, P. S., B. R. Campos, F. P. Serra, M. Klosterhoff, L. A. Romano y W. Wasielesky. 2015. Effects of nitrate toxicity in the pacific white shrimp, *litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (bft). Aquaculture International 23: 315-327.
- González, J. F. A., L. M. F. Campaña, A. I. Ceja y Y. G. Rubio. 2008. Crecimiento de camarón blanco (*litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. Revista AquaTIC: 8-15.
- Gutiérrez, M. E. M. 2012. Sistemas de recirculación acuapónicos. Informador técnico: 123-129.
- Hargreaves, J. A. 2013. Biofloc production systems for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center.
- Hernández Herrera, R. 2001. Indicadores bioquímico-fisiológicos de calidad larvaria y postlarvaria de camarón blanco *litopenaeus vannamei*.
- Herrera, A. L. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.
- Hutchinson, W., M. Jeffrey, D. O'Sullivan, D. Casement y S. Clarke. 2004. "recirculating aquaculture systems: Minimum standards for design. Construction and Management.", Inland Aquaculture Association of South Australia Inc.
- INAFED, E. d. I. M. y. D. d. M. 2013. La antigua ver. "Disponible en línea en:" <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30016a.html>. Consultado el: abril-09 2015.
- Kubitza, F. 2011. Cultivo de tilapias en sistema de "bioflocos", sin renovación de agua Panorama da Acuicultura, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca Presidencia de la Nación. Argentina.
- Kuhn, D. D., S. A. Smith, G. D. Boardman, M. W. Angier, L. Marsh y G. J. Flick. 2010. Chronic toxicity of nitrate to pacific white shrimp, *litopenaeus vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology. Aquaculture 309: 109-114.
- Lara-Flores, M., L. Olivera-Castillo y M. A. Olvera-Novoa. 2010. Effect of the inclusion of a bacterial mix (*streptococcus faecium* and *lactobacillus acidophilus*), and the yeast (*saccharomyces cerevisiae*) on growth, feed utilization and intestinal enzymatic activity of nile tilapia (*oreochromis niloticus*). International Journal of Fisheries and Aquaculture 2: 93-101.

- Laxe, F. G., H. M. Lupin y J. A. B. de la Cal. 2005. Acuicultura: Producción, comercio y trazabilidad. Netbiblo.
- Manzo, D. H. 2000. Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento de camarón blanco *litopenaeus vannamei* (boone, 1931) cultivado en estanques rústicos, en manzanillo colima. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Colima. Manzanillo, Col. p. 53.
- Martínez, F. 2008. Parámetros importantes a controlar en un sistema de cultivo de peces. Santiago de Cali: sn.
- Martínez, M. A. S. 2006. Manejo del cultivo de tilapia. Nicaragua, BIDEAUSAID. p. p15.
- Masser, M. P., J. Rakocy y T. M. Losordo. 1999. Recirculating aquaculture tank production systems. Management of recirculating systems. SRAC Publication 452.
- Mateus, J. 2009. Acuaponía: Hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. RED hidroponía. Boletín: p7-10.
- Mayer, E. 2012. Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones y peces. Aquafeed International.
- Mena-Herrera, A., H. Sumano-López y R. Macías-Zamora. 2002. Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida. Vet. Mex 33: 39.
- Milstein, A., Y. Avnimelech, M. Zoran y D. Joseph. 2001. Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds.
- Obregón, D. A. A. 2006. Limnología aplicada a la acuicultura. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria 7: 1-24.
- Odum, P. E. 1985. Fundamentos de ecología. 1a. Edición. Nueva Editorial Interamericana SA México DF: 1-422.
- Ogello, E., S. Musa, C. Aura, J. Abwao y J. Munguti. 2014. An appraisal of the feasibility of tilapia production in ponds using biofloc technology: A review.
- Panjaitan, P. 2010. Shrimp culture of penaeus monodon with zero water exchange model (zwem) using molasses. Journal of Coastal Development 14: 35-44.
- Pérez-Fuentes, J. A., M. P. Hernández-Vergara, C. I. Pérez-Rostro y I. Fogel. 2016. C:N ratios affect nitrogen removal and production of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* raised in a biofloc system under high density cultivation. Aquaculture 452: 247-251.
- Pérez, G. R. y J. J. R. Restrepo. 2008. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia.
- Plascencia, A. E. y M. d. C. B. Almada. 2012. La acuicultura y su impacto al medio ambiente. Estudios Sociales: 221-232.
- Platas, D. E. R. y J. A. Vilaboa. 2014. La acuicultura mexicana: Potencialidad, retos y áreas de oportunidad. Revista Mexicana de Agronegocios 12.

- Quílez, J. 1995. El principio de le chatelier: Un obstáculo metodológico en la enseñanza y el aprendizaje del equilibrio químico. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Quiñonez, W. V., G. R. Quiroz y H. M. E. Leal. 2010. Cultivo intensivo de camarón blanco *litopenaeus vannamei* (boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. *Ra Ximhai* 6: 1-8.
- Ruiz-Rosado, O. 2006. Enfoque de sistemas y agroecosistemas. Agroecología y agricultura orgánica en el trópico. López BO, SI Ramírez G., M. Ramírez G., G. Moreno B., AE Alvarado G.(eds). Tunja. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y Universidad Autónoma de Chiapas, México. pp: 27-35.
- Serrano, H. B. y C. G. Machuca. 2013. Comparación de la levadura (*saccharomyces cereviceae*) y el azúcar, en el control de la calidad del agua en el cultivo de camarón blanco (*penaeus vannamei*), en sistema de.
- Sowers, A. D., J. R. Tomasso Jr, C. L. Browdy y H. L. Atwood. 2006. Production characteristics of *litopenaeus vannamei* in low-salinity water augmented with mixed salts. *Journal of the World Aquaculture Society* 37: 214-217.
- Stanier, R. Y. y J. R. Villanueva. 1996. Microbiología. Reverté.
- Taw, N., H. Fuat, N. Tarigan y K. Sidabutar. 2009. Partial harvest with bft, a promising system for pacific white shrimp. *World Aquaculture*: 25-29.
- Tortora, G. J., B. R. Funke y C. L. Case. 2007. Introducción a la microbiología. Ed. Médica Panamericana.
- Tovar-Ramirez, D., M., L. C. Reyes-Becerril, V. Guzman-Villanueva, R. Gleaves-López, F. Civera-Cerecedo, V. Ascencio-Valle, E. Barbosa-Solomieu, K. B. Gisbert-Casas, C. A. Andree, F. J. Álvarez-Gonzales, J. L. Moyano-López, P. Ortiz-Galindo, J. N. Hinojosa-Baltazar, G.-R. y. M. y Linares-Aranda. 2008. Probióticos en acuicultura: Avances recientes del uso de levaduras en peces marinos. *Avances en Nutricion Acuicola IX*. La Paz B.C.S. Méx.
- Unión, C. d. D. d. H. C. d. I. 2012. Ley general de pesca y acuicultura sustentables. p. 2.
- Valenzuela-Quiñónez, W., G. Rodríguez-Quiroz, J. T. Ponce-Palafox y H. M. Esparza-Leal. 2011. Efecto de diferentes combinaciones de temperatura y salinidad sobre el consumo específico de oxígeno en el camarón blanco *litopenaeus vannamei*. *Revista de biología marina y oceanografía* 46: 303-311.
- Velazco, J. M. d. J. R., R. T. Varela, J. R. G. Partida y H. G. Vega. 2006. Evaluación de un cultivo semi-intensivo de tilapia (*oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria* 7: 1-12.
- Vilaboa Arroniz, J. 2008. El concepto de agroecosistema y su aplicacion en la ganaderia bovina.
- Villafañe, H. H. M. 2008. Microbiología básica para el área de la salud y afines. 2. Universidad de Antioquia.
- Whetstone, J. M., G. D. Treece, C. L. Browdy y A. D. Stokes. 2002. Opportunities and constraints in marine shrimp farming. *SRAC, USDA, USA*.

Widanarni, J. Ekasari y S. Maryam. 2012. 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 19: 73-80.

Xu, W.-J. y L.-Q. Pan. 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating c/n ratio in feed. Aquaculture 356: 147-152.

**Anexos**

**Anexo 1. Preparación de área de trabajo**



## Anexo 2. Limpieza de estanques.

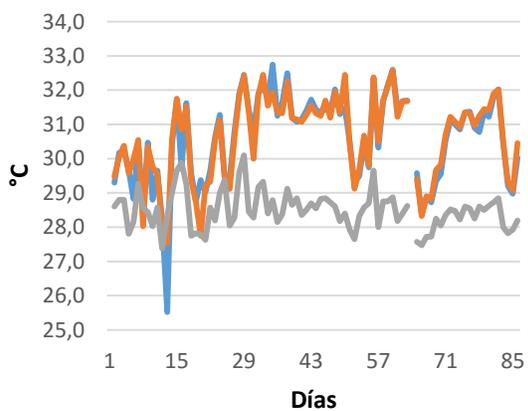


2-A Extracción de algas

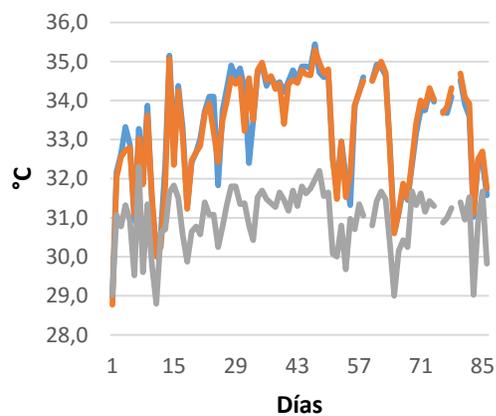


2-B Floculos

## Anexo 3. Graficas de variación en la calidad del agua para el cultivo de Camarón Blanco (*L. vannamei*).

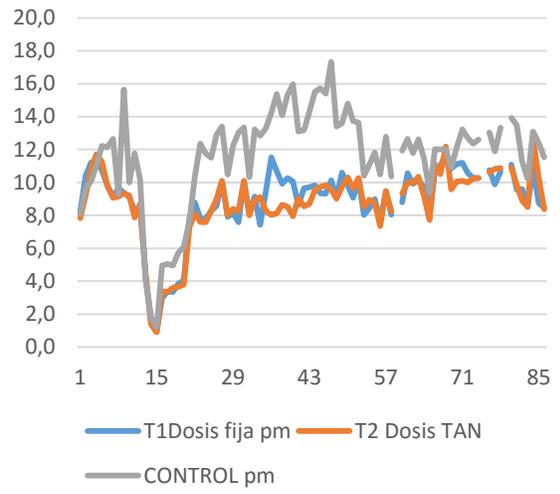
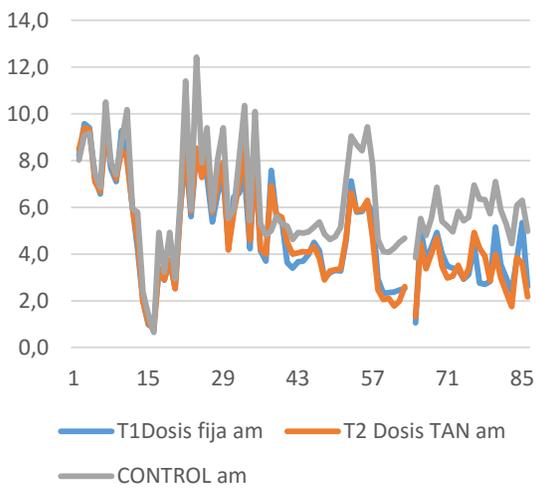


— T1 Dosis fija am — T2 Dosis TAN am  
— CONTROL am

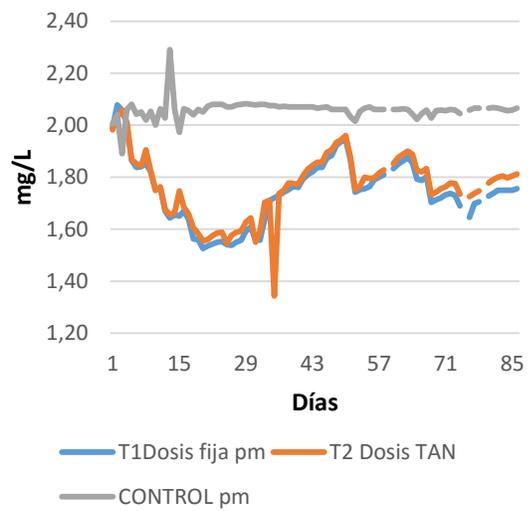
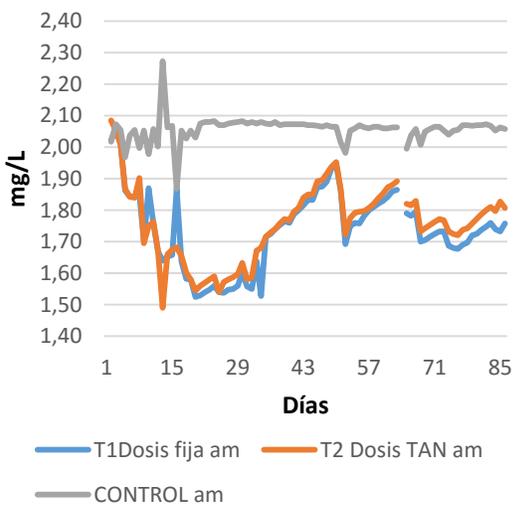


— T1 Dosis fija pm — T2 Dosis TAN pm  
— CONTROL pm

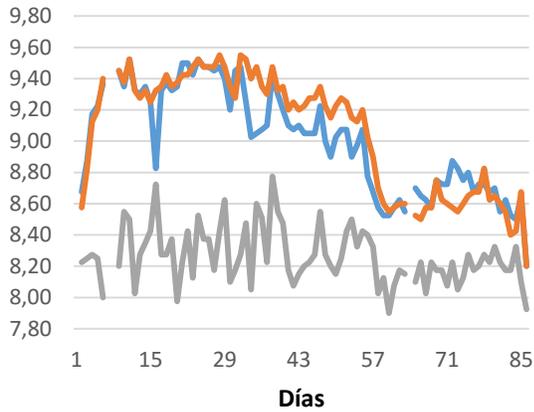
3 A) Variación de Temperatura °C durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



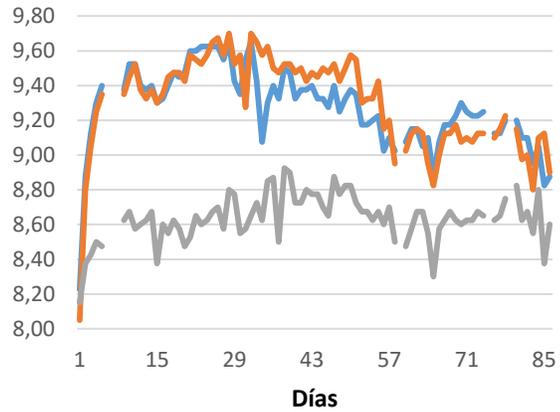
3-B) Variación del Oxígeno disuelto mg/L durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



3-C) Variación de Salinidad durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.

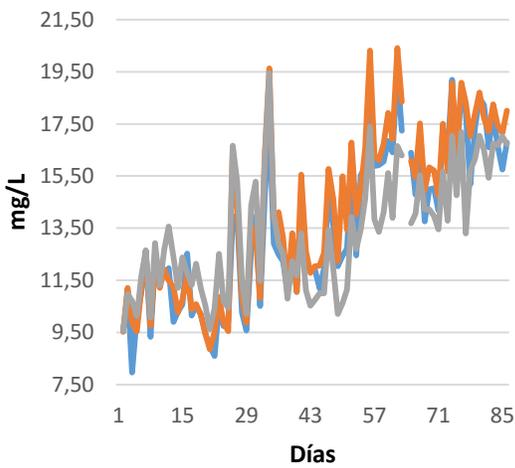


— T1 Dosis fija am — T2 Dosis TAN am  
— CONTROL am

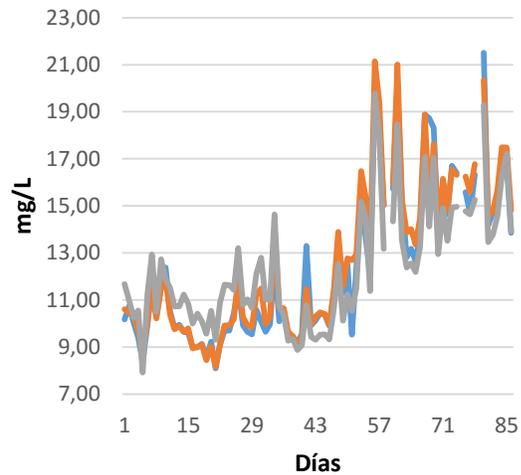


— T1 Dosis fija pm — T2 Dosis TAN  
— CONTROL pm

3-D) Variación del pH durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.

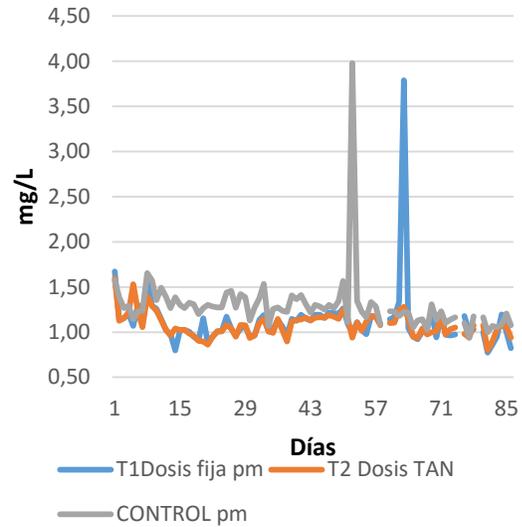
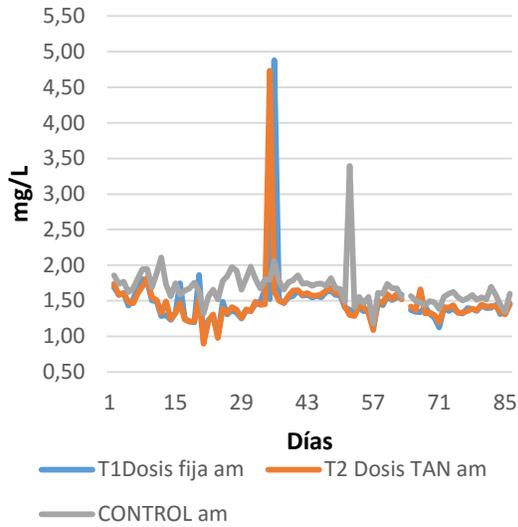


— T1 Dosis fija am — T2 Dosis TAN am  
— CONTROL am

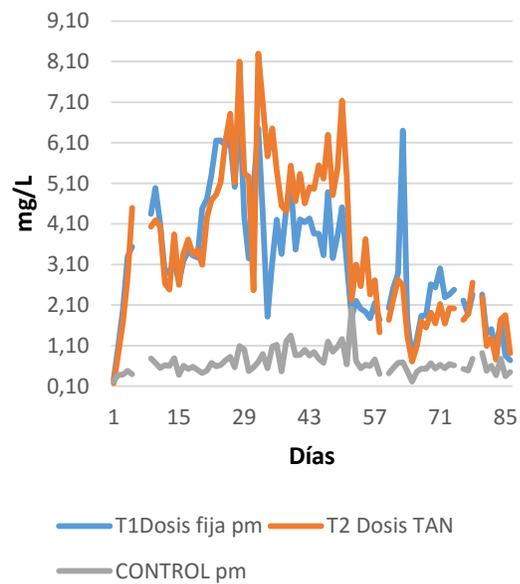
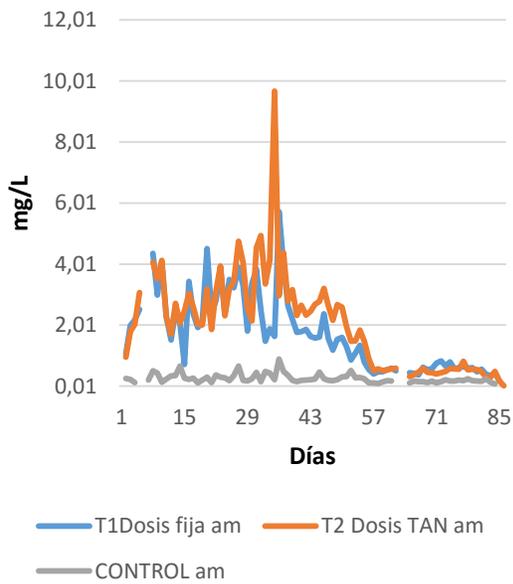


— T1 Dosis fija pm — T2 Dosis TAN  
— CONTROL pm

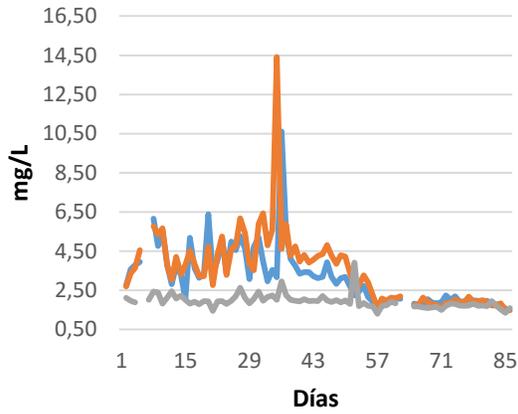
3-E) Variación del Nitratos mg/L durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



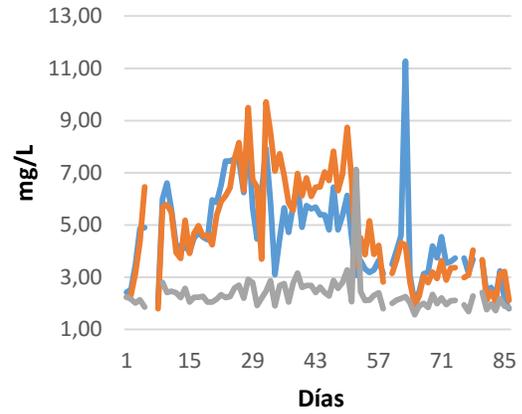
3-F) Variación del Amonio  $\text{NH}_4$  durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



3-G) Variación del Amoniaco  $\text{NH}_3$  durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



— T1 Dosis fija am    — T2 Dosis TAN am  
 — CONTROL am



— T1 Dosis fija pm    — T2 Dosis TAN pm  
 — CONTROL pm

3-H) Variación del Nitrógeno Amoniacal Total durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.

#### Anexo 4. Registro de datos y medición de turbidez con disco de Secchi

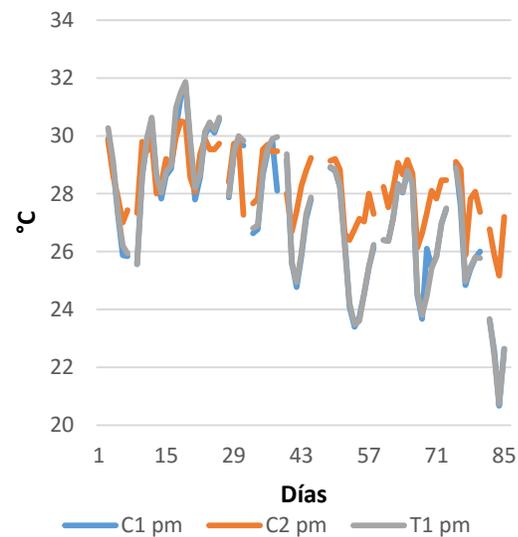
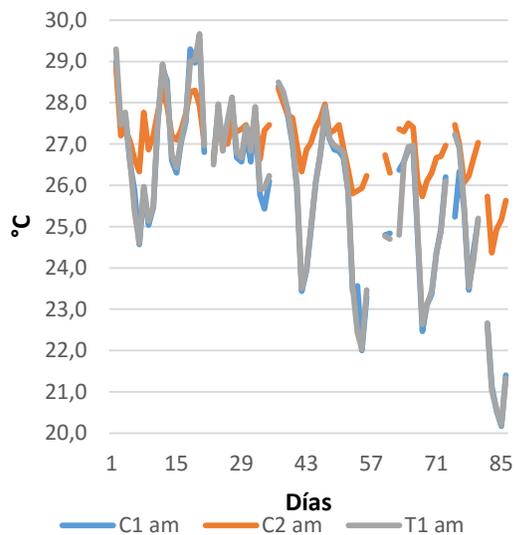


4-A Registro de datos

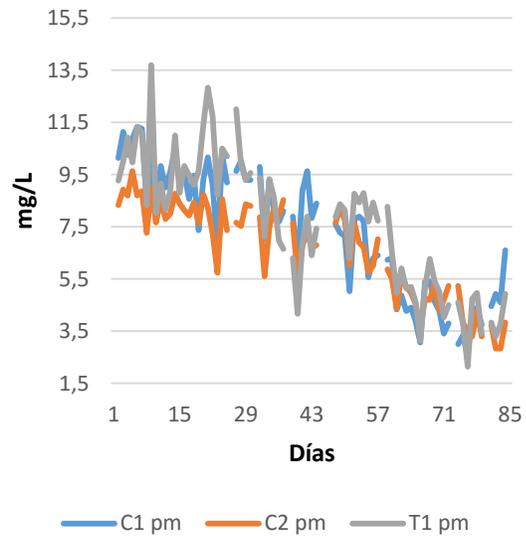
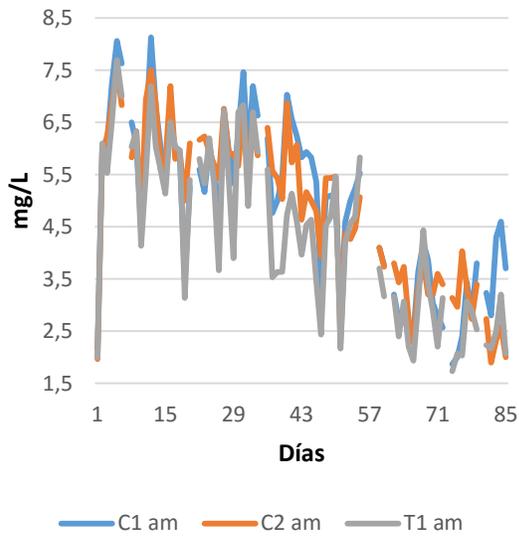


4-B Medición de turbidez

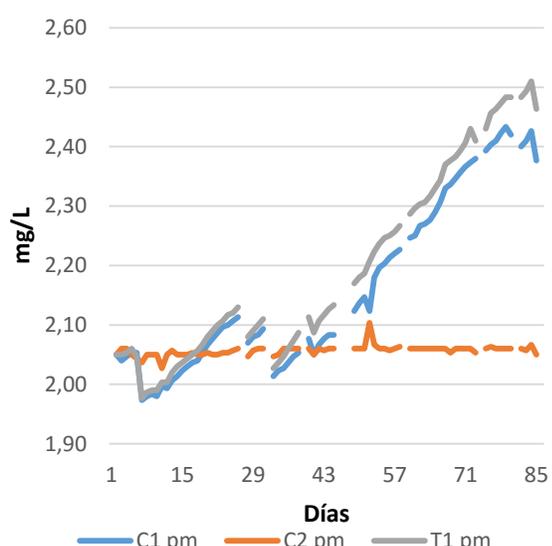
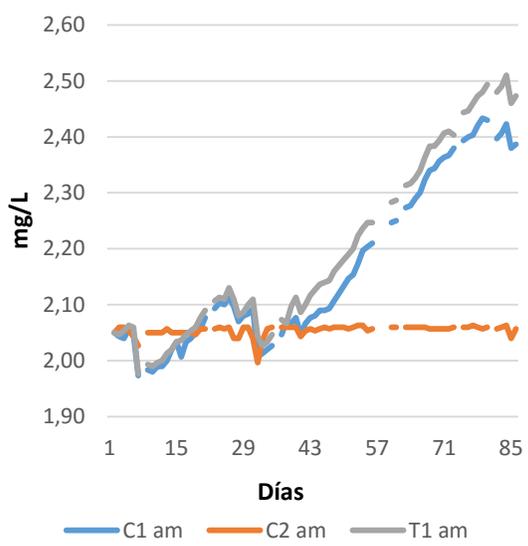
#### Anexo 5. Graficas de variación en la calidad del agua para el cultivo de Tilapia (*O. niloticus*).



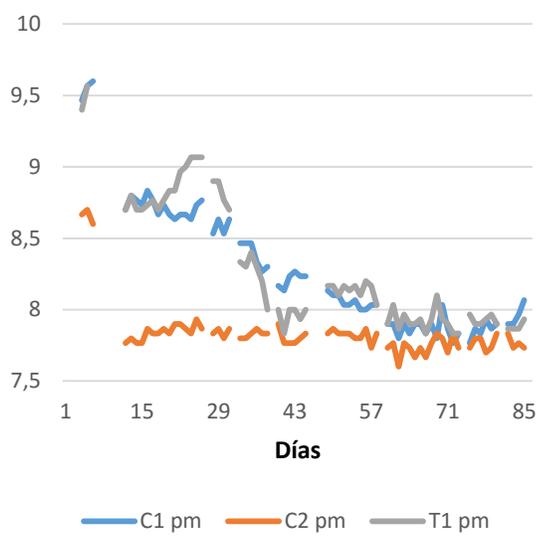
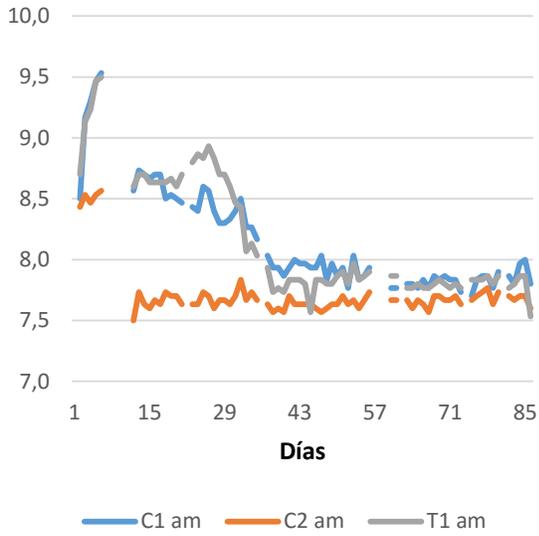
5-A) Variación del Temperatura durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



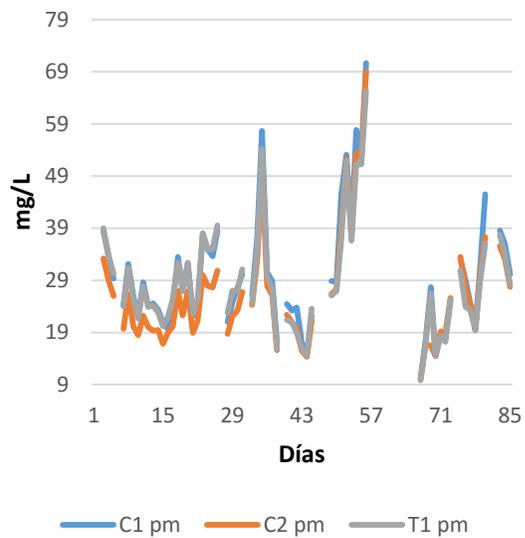
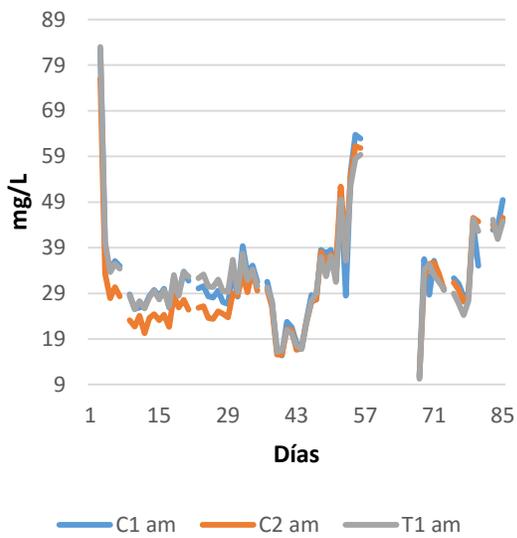
5-B) Variación del Oxígeno durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



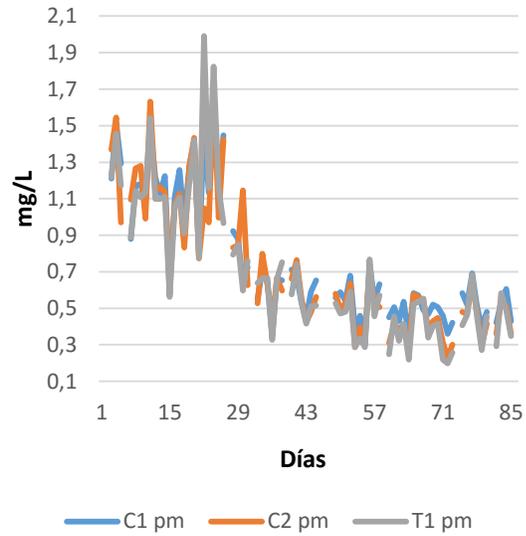
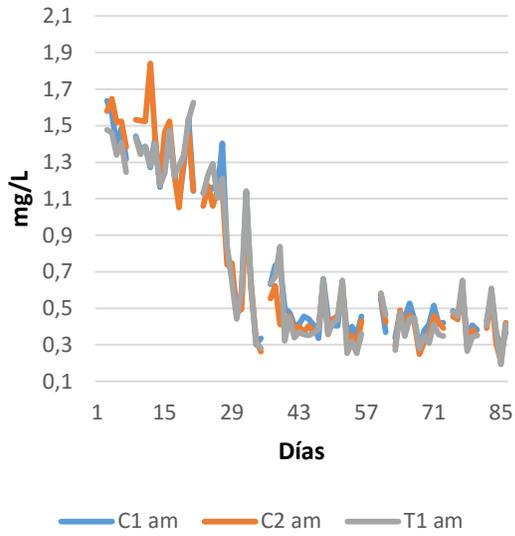
5-C) Variación de la Salinidad durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



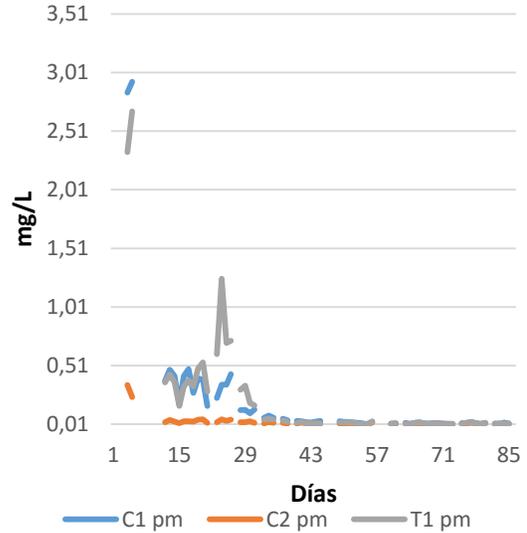
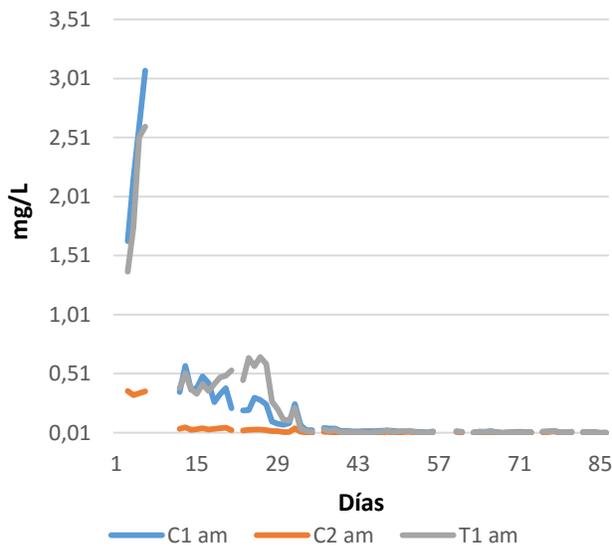
5-D) Variación del pH durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



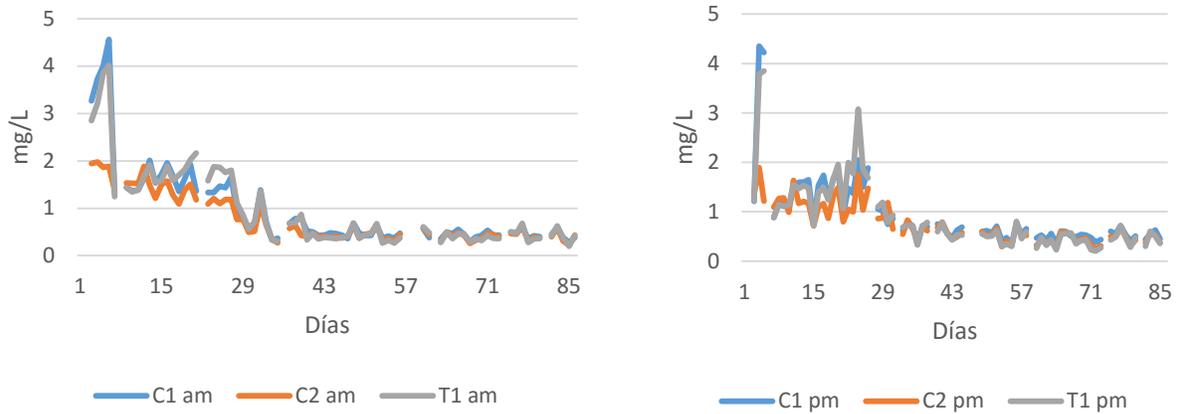
5-E) Variación de los Nitratos durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



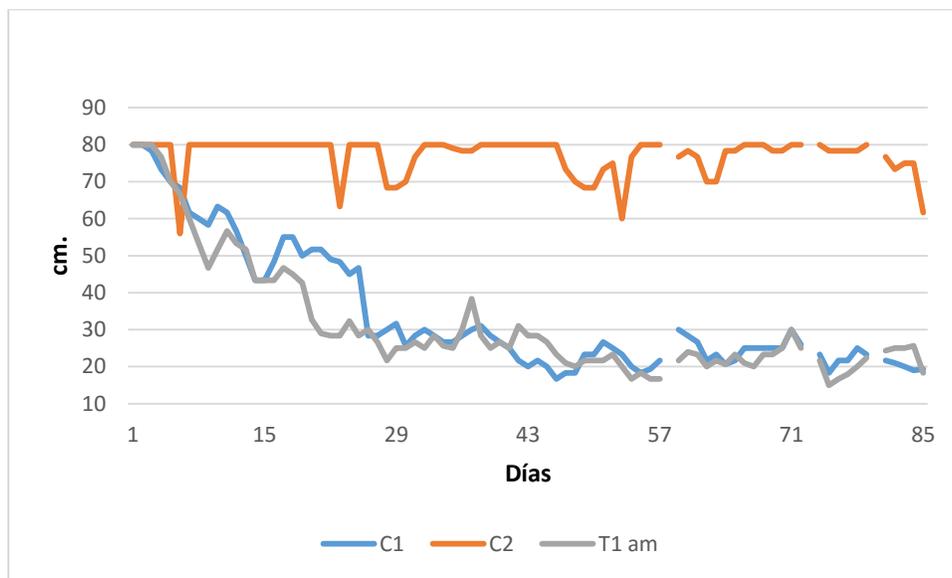
5-F) Variación del Amonio  $\text{NH}_4$  durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.



5-G) Variación del Amoniaco  $\text{NH}_3$  durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.

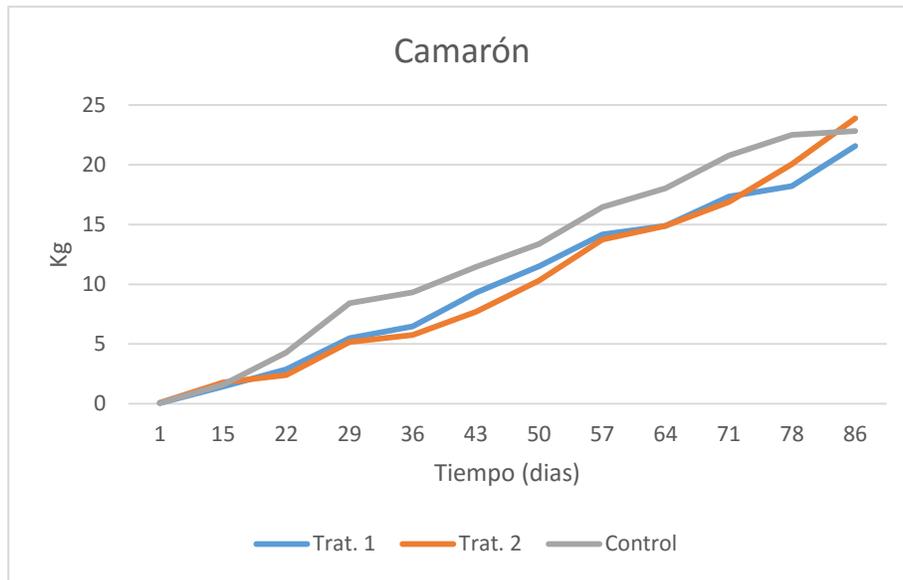


5-H) Variación del Nitrógeno Amoniacal Total durante la experimentación, Izquierda 8:00 am Derecha 5:00 pm.

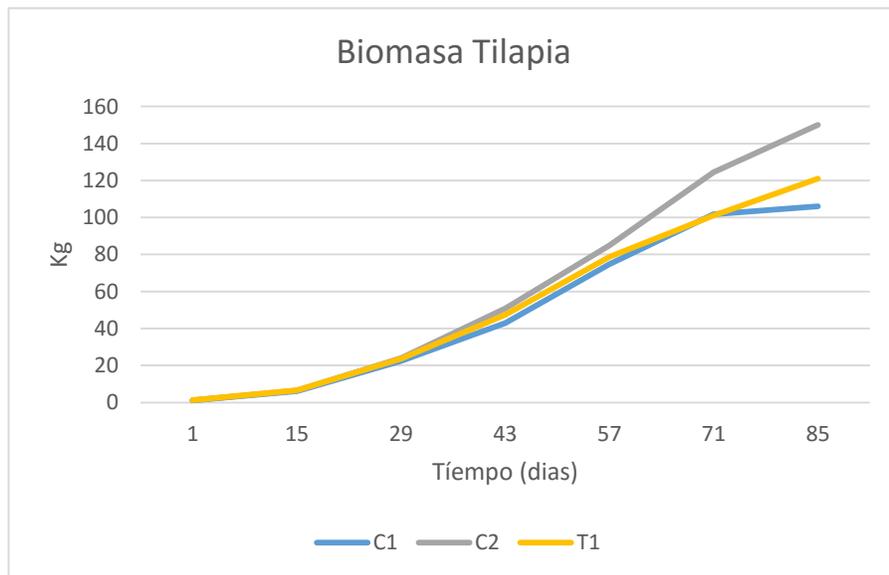


5-I) Variación del Turbidez Disco de Secchi durante la experimentación.

Anexo 6. Graficas del incremento de la biomasa en los cultivos con respecto al tiempo



6-A Incremento de la biomasa en el cultivo de camarón



6-B Incremento de la biomasa en el cultivo de tilapia

Anexo 7. Cuadros de valores usados para determinar el costo de producción

7-A. Cuadro de Valores para el cultivo de camarón

	<b>Alimento \$/K</b>	<b>BlueEnergy<sup>RenT</sup> \$/K</b>	<b>Energía Eléctrica \$/K producido</b>	<b>Agua \$/K producido</b>	<b>Larva</b>
<b>Costo</b>	\$13.50	\$20.80	\$4.32	\$0.08	\$0.07

7-B. Cuadro de Valores para el cultivo de tilapia

	<b>Alimento \$/K</b>	<b>BlueEnergy<sup>RenT</sup> \$/K</b>	<b>Energía Eléctrica \$/K producido</b>	<b>Agua \$/K producido</b>	<b>Alevín</b>
<b>Costo</b>	\$13.50	\$20.80	\$4.27	\$0.08	\$0.70