

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Evaluación del efecto de la melaza en polvo en la calidad de agua en
sistemas hiper-intensivos de camarón de bajo recambio de agua**



Presentado por:

T. A. Marco Simeón Elías Valdez

Para otorgarle el título de:

LICENCIADO EN ACUICULTURA

Guatemala, mayo de 2016

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Evaluación del efecto de la melaza en polvo en la calidad de agua en
sistemas hiper-intensivos de camarón de bajo recambio de agua**



Presentado por:

T. A. Marco Simeón Elías Valdez

Para otorgarle el título de:

LICENCIADO EN ACUICULTURA

Asesor: M. Sc. Luis Francisco Franco Cabrera

Guatemala, mayo de 2016



El Director del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-, después de conocer el dictamen favorable del M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera, Coordinador Académico, sobre el trabajo de graduación del estudiante universitario, **Marco Simeón Elías Valdez**, titulado “Evaluación del efecto de la melaza en polvo en la calidad de agua en sistemas hiperintensivos de camarón de bajo recambio de agua” da por este medio su aprobación a dicho trabajo. IMPRIMASE.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle

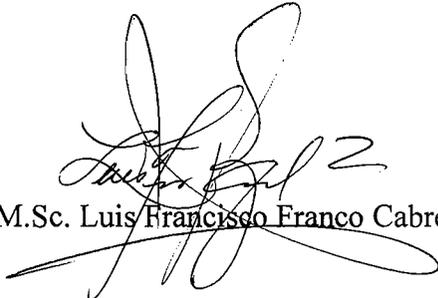


Guatemala, mayo 2016



El Coordinador Académico del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura –CEMA–, después de conocer el dictamen del asesor M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera y la aprobación de la Encargada de EPS M.Sc. Irene Franco Arenales, al trabajo de graduación del estudiante universitario **Marco Simeón Elías Valdez**, titulado “Evaluación del efecto de la melaza en polvo en la calidad de agua en sistemas hiper-intensivos de camarón de bajo recambio de agua”, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



M.Sc. Luis Francisco Franco Cabrera

Guatemala, mayo 2016

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

Consejo Directivo

Presidente	M.Sc. Héctor Leonel Carrillo Ovalle
Secretaria	M. Sc. Kathya Iturbide Dormon
Representantes Docentes	M. Sc. Erick Villagrán Colón M. A. Olga Marina Sánchez Cardona
Representante del Colegio de Médicos Veterinarios, Zootecnistas y Acuicultores	M. Sc. Adrián Mauricio Castro López
Representantes Estudiantiles	Lic. Francisco Emanuel Polanco Vásquez T. A. María José Mendoza Arzu

AGRADECIMIENTOS

De manera especial quiero agradecer a DIOS, por permitirme ser la persona que hoy soy.

A mis padres, hermana, esposa e hija, por todo el apoyo incondicional que me han brindado, que siempre me animaron a seguir adelante, y tener en mí la confianza de mis logros como estudiante.

Al Centro de Estudios de Mar y Acuicultura -CEMA-, por abrirme sus puertas y brindarme los conocimientos y experiencias que me seguirán fortaleciendo a lo largo de mi formación académica.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-, por darme la oportunidad de estudiar y superarme como un profesional.

A la Empresa Disagro, por permitir mi desenvolvimiento durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-

A mi asesor, M. Sc. Luis Franco y al Lic. Jesús Guzmán, por el conocimiento y la amistad brindada a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación.

A la encargada de EPS, Licda. Irene Franco, por toda la ayuda brindada a lo largo de mi carrera.

A mis amigos, por el apoyo que me han brindado en mis años de estudio, especialmente a la promoción de EPS 2015.

DEDICATORIA

A DIOS, quien me dio la sabiduría y fortaleza para alcanzar este triunfo.

A mis padres, Iلسias Elías y Lily Valdez, por ser la bendición y apoyo para mi vida.

A mi esposa Laura Ortiz, por todo su apoyo a lo largo de la carrera y por complementar la felicidad en mi vida.

A mi hija María Jimena, por ser el centro y felicidad en mi vida y ser el motivo de lucha y superación.

A mi hermana Karla Elías, por ser el ejemplo de lucha y perseverancia en esta vida.

A mi familia especialmente, que con su amor y confianza en mi persona, han sido parte de mis bendiciones y motivación.

A mis amigos que Dios me ha permitido conocer, Sara Leal, José Portillo, Juan Carlos Tejada, Melissa Ochoa, Stephanie Rueda, Kevin Valdez, Clelia de Vásquez, Adela Cruz, Glenda Meléndez, Jesús Guzmán y Jennifer García, con quienes he compartido una parte de mi vida.

A Guatemala, mi país, que con su gente valiente, esforzada y trabajadora, me ha dado la oportunidad de estudiar en la Universidad de San Carlos.

A la Tricentenario Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, especialmente al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA, por abrir sus puertas y hacer de mí un profesional.

ABSTRACT

Nowadays, the interest in low water exchange aquaculture systems has increased due to environmental impact and the advantages offered compared to the extensive and semi-intensive conventional systems. These crops require a minimum water exchange rate, reducing the risks of entry of foreign pathogens as well as reducing the volume of wastewater discharges.

The advantages of the low water exchange system with molasses powder as an energy source is waste nutrients are continuously recycled and reused. The basis of this system lies in the growth of beneficial microorganisms in which the culture medium consume the nutrients (toxic and nontoxic metabolites) decreasing water exchange, maintaining water quality in relation to the generation of nitrogen within ponds through the creation of microbial protein, this culture system reduces feed conversion, reducing feed costs.

This study aimed to evaluate the dynamics of physical - chemical and biological shrimp farming powder using molasses as a carbon source, determining physicochemical variables: ammonium, iron, pH, nitrates, phosphates, nitrites, silicates, solids suspension and biological: density of algae and zooplankton, as well as the growth of shrimp comparing two experimental units to which was added 7 kg / ha of molasses powder and a control without any addition of molasses.

Among the results obtained are greater survival rate, more biomass produced, decreased food conversion factor and greater stability in terms of water quality parameters.

RESUMEN

En la actualidad, el interés por los sistemas de acuicultura de bajo recambio de agua ha incrementado, debido al impacto ambiental y las ventajas que presentan en comparación con los sistemas convencionales extensivos y semi-intensivos. Estos cultivos requieren una tasa mínima de recambio de agua, reduciendo los riesgos de entrada de patógenos extraños, así como la reducción del volumen de descargas de agua residual.

La ventaja de los sistemas de bajo recambio de agua con adición de melaza en polvo como fuente de energía, es que los residuos de nutrientes son continuamente reciclados y reusados. La base de este sistema radica en el crecimiento de microorganismos benéficos dentro del cultivo, los cuales consumen los nutrientes del medio (metabolitos tóxicos y no tóxicos), disminuyendo el recambio de agua, manteniendo la calidad del agua en relación a la generación de nitrógeno dentro de los estanques por medio de la creación de proteína microbiana, este sistema de cultivo disminuye el factor de conversión alimenticia, reduciendo también los costos de alimentación.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la dinámica de parámetros físico – químicos y biológicos en el cultivo de camarón, utilizando melaza en polvo como fuente de carbono, determinando variables fisicoquímicas: amonio, hierro, pH, nitratos, fosfatos, nitritos, silicatos, sólidos en suspensión; y, biológicas: densidad de microalgas y zooplancton, así como el crecimiento de los camarones comparando dos unidades, una experimental, a la cual se le añadió 7kg/ha de melaza en polvo y, un testigo, sin ninguna adición de melaza.

Dentro de los resultados obtenidos están: mayor porcentaje de sobrevivencia, mayor biomasa producida, disminución del factor de conversión alimenticio y una mayor estabilidad en cuanto a los parámetros de calidad de agua.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
3. MARCO TEORICO	5
3.1 Fitoplancton	6
3.2 Zooplancton	8
3.3 Alcalinidad	9
3.4 Efecto de amonio en cultivo de camarón	10
3.5 Efectos del amoniaco sobre el camarón	10
3.6 Fosforo y nitrógeno en cultivos de camarón	11
4. OBJETIVOS	13
4.1 Objetivo general	13
4.2 Objetivos específicos	13
5. HIPOTESIS	14
6. MATERIALES Y METODOS	15
6.1 Ubicación geográfica	15
6.2 Variables	16
6.3 Diseño Experimental	17
6.3.1 Descripción de tratamientos	17
6.3.2 Modelo estadístico	19
6.3.3 Tamaño y forma de las unidades experimentales	19
6.3.4 Manejo del experimento	19
6.3.5 Croquis de Campo	20
6.3.6 Análisis de la Información	20
6.4 Procedimiento y muestreo	21
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1 Dinámica de parámetros fisicoquímicos	25
7.1.1 Temperatura	27
7.1.2 Potencial de hidrógeno	28
7.1.3 Salinidad	28
7.1.4 Oxígeno Disuelto	29
7.1.5 Amonio	29

7.1.6	Hierro	30
7.1.7	Silicatos	32
7.1.8	Nitrato	33
7.1.9	Nitrito	34
7.1.10	Alcalinidad	35
7.1.11	Fosfato	36
7.1.12	Total de sólidos en suspensión	37
7.1.13	Sulfitos	38
7.2	Dinámica de parámetros biológicos	39
7.2.1	Cianofitas	41
7.2.2	Clorofitas	41
7.2.3	Diatomeas	42
7.2.4	Dinoflagelados	42
7.2.5	Zooplanctón	43
7.3	Parámetros Biométricos	44
8.	CONCLUSIONES	49
9.	RECOMENDACIONES	50
10.	BIBLIOGRAFÍAS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Ubicación geográfica de aldea la Candelaria	15
Figura No. 2. Croquis general de finca de Producción Acuícola Océano	20
Figura No. 3. Limpieza y desinfección de estanques	22
Figura No. 4. Llenado y aplicación de productos de fertilización acuícola	22
Figura No. 5. Análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos	23
Figura No. 6. Análisis macroscópico de salud de camarones	23
Figura No. 7. Cosecha de camarón de las unidades Sometidas a investigación	24
Figura No. 8. Dinámica de temperatura de las unidades sometidas a evaluación	27
Figura No. 9. Dinámica de pH de las unidades sometidas a evaluación	28
Figura No. 10. Dinámica de salinidad de las unidades sometidas a evaluación durante el cultivo	28
Figura No. 11. Dinámica de oxígeno de las unidades sometidas a evaluación	29
Figura No. 12. Dinámica de amonio de los estanques sometidos a evaluación	30
Figura No. 13. Dinámica de hierro de los estanques sometidos a evaluación	31
Figura No. 14. Dinámica de silicatos de los estanques sometidos a evaluación	32
Figura No. 15. Dinámica de nitrato de los estanques sometidos a evaluación	33
Figura No. 16. Dinámica de nitrito de los estanques sometidos a evaluación	34
Figura No. 17. Dinámica de alcalinidad de los estanques sometidos a evaluación	35
Figura No. 18. Dinámica de fosfato de las unidades evaluadas	36
Figura No. 19. Dinámica de total de sólidos en suspensión de las unidades evaluadas	37
Figura No. 20. Dinámica de sulfito de las unidades evaluadas	38
Figura No. 21. Dinámica de cianofitas en las unidades evaluadas	41
Figura No. 22. Dinámica de clorofitas en las unidades evaluadas	41
Figura No. 23. Dinámica de diatomeas en las unidades evaluadas	42
Figura No. 24. Dinámica de diatomeas en las unidades evaluadas	42
Figura No. 25. Dinámica de zooplancton en las unidades evaluadas	43
Figura No. 26. Dinámica de crecimiento de camarón a lo largo del ciclo de cultivo	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Formato para la tabulación de datos recopilados en campo de parámetros fisicoquímicos	21
Cuadro No. 2. Formato para la tabulación de datos recopilados en campo análisis biológico	21
Cuadro No. 3. Resultados de parámetros fisicoquímicos registrados durante el experimento del uso de melaza en polvo en sistemas hiper-intensivos de camarón de bajo recambio de agua	25
Cuadro No. 4 Resultados de parámetros fisicoquímicos registrados durante el experimento del uso de melaza en polvo en sistemas hiper-intensivos de camarón de bajo-recambio de agua	26
Cuadro No. 5. Resultados de parámetros biológicos de la unidad experimental durante el ciclo de cultivo con la inclusión de melaza en polvo	39
Cuadro No. 6 Resultados de parámetros biológicos de la unidad testigo durante el ciclo de cultivo sin inclusión de melaza en polvo	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No. 1 Resultados de parámetros fisicoquímicos en sistemas de bioflocs para reutilización de agua.	3
Tabla No. 2 Resultados de parámetros fisicoquímicos en sistemas de bioflocs para reutilización de agua.	3
Tabla No. 3 Densidades deseables de fitoplancton (cel/ml) en estanques de cultivo de camarón	7
Tabla No. 4 Promedio de organismos del zooplancton recomendados en estanques de cultivos de camarón	8
Tabla No. 5 Rango de concentraciones de alcalinidad para cultivo de camarón	9
Tabla No. 6 Parámetros óptimos de calidad de agua para cultivo de camarón.	12

1. INTRODUCCIÓN

A medida que la demanda de camarón aumenta, las industrias buscan nuevas alternativas de producción que permitan preservar el medio ambiente y los recursos naturales mediante procesos sostenibles. La adición de melaza en polvo como fuente de energía es una técnica que busca mejorar la estabilidad de calidad del agua, aumentar densidades, crecimientos y reducir el factor de conversión alimenticia.

De acuerdo con Cuzon (1984), a principios de 1970 se desarrollaron los primeros sistemas productivos de crustáceos, basados en nitrificación bacteriana, para estos sistemas se utilizó la técnica de rumen externo. Esta técnica promueve el cultivo de camarones en un medio de total oscuridad. Los estudios se realizaron con las especies *Penaeus vannamei* y *Penaeus monodon*, el entendimiento de estos sistemas dio como resultado la interrelación de los sistemas de nitrificación y la fisiología nutricional de los camarones, principal interés de los productores en el uso de estos sistemas nitrificantes.

Uno de los problemas sociales que enfrenta la acuicultura es el elevado volumen de agua que se utiliza en los sistemas convencionales de cultivo. Hopkins (1993) observó que en sistemas convencionales se utiliza aproximadamente 64,000 L de agua para producir 1 Kg de camarón mientras que en sistemas cerrados, según Otoshi (2006): para producir 1 Kg de camarón se utilizó 160 litros de agua.

Dentro de las ventajas de los sistemas de bajo recambio de agua con adición de una fuente de energía como melaza en polvo es que los residuos de nutrientes son continuamente reciclados y reusados. La base de este sistema radica en el crecimiento de microorganismos benéficos dentro del cultivo, el cual consumen los nutrientes del medio (metabolitos tóxicos y no tóxicos) disminuyendo el recambio de agua, manteniendo la calidad del agua en relación a la generación de nitrógeno dentro de los estanques por medio de la creación de proteína microbiana, este sistema de cultivo disminuye el factor de conversión alimenticia, disminuyendo los costos de alimentación.

2. ANTECEDENTES

Krummenauer (2010), en su estudio de cultivo de camarones marinos, tuvo como objetivo analizar la viabilidad de reutilizar agua de un ciclo completo de cultivo de camarón en los sistemas de bioflocs.

El experimento se realizó en la Estación de Acuicultura Marina (EMA) de la Universidad Federal de Río Grande (FURG), Río Grande, RS.

Para la investigación, las post-larvas de *Penaeus vannamei* fueron adquiridas de un laboratorio comercial, ubicado en el noreste de Brasil.

Para el experimento se utilizaron 15 cajas rectangulares, cada una de 1.2 m². Al experimento no se le hizo recambio de agua y se ha reutilizado de un ciclo completo de cultivo de sistemas de bioflocs. El experimento examinó la viabilidad de reutilizar el agua para otros cultivos o como inóculo, con el fin de acelerar la formación de agregados microbianos. El diseño experimental está conformado por cinco tratamientos (0, 25, 50, 75 y 100% de bioflocs) con tres repeticiones. El tratamiento de control (0%) Se inició con agua limpia sin añadir agua de un sistema de bioflocs anterior. La densidad de población utilizada fue de 400 camarones / m³, los camarones eran alimentados 2 veces al día con la ración comercial de proteína bruta del 38%. Las variables fisicoquímicas, temperatura, pH, salinidad y oxígeno disuelto fueron controladas diario. Así semanalmente se recogieron muestras de agua para análisis de amoníaco, nitrito, fosfato y se recogieron algunas muestras para analizar el crecimiento del camarón. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA - sólo ida) y se aplicó la prueba Tukey.

La Tabla No.1 muestra los resultados de parámetros físicos y químicos registrados durante el experimento. Estos se mantuvieron dentro de los rangos recomendados para el cultivo de camarón marino. Excepto para la temperatura, donde los valores promedio se encontraban por debajo la óptima recomendada para el crecimiento de la especie.

Tabla No. 1. Resultados de parámetros fisicoquímicos en sistemas de bioflocs para reutilización de agua.

Tratamiento	Amônia (mg/l)	Nitrito (mg/l)	Imhoff (ml/l)	Oxigênio (mg/l)	pH	Salinidade	Temperaturas (°C)
0	0,52 (0,08)	10,11 (2,32)	8,48 (1,14)	7,88 (0,09)	7,58 (0,02)	31,5 (0,02)	26,7 (0,14)
25	0,09 (0,02)	1,26 (0,29)	14,18 (1,53)	7,91 (0,07)	7,67 (0,03)	32,5 (0,25)	26,6 (0,15)
50	0,08 (0,01)	1,85 (1,16)	13,16 (0,82)	8,17 (0,07)	7,65 (0,02)	33,2 (0,27)	26,7 (0,15)
75	0,31 (0,24)	1,56 (0,56)	12,51 (0,98)	7,99 (0,08)	7,61 (0,02)	33,9 (0,25)	26,5 (0,13)
100	0,04 (0,006)	0,54 (0,05)	16,20 (1,98)	8,11 (0,07)	7,58 (0,02)	34,6 (0,26)	26,8 (0,16)

Fuente: Krummenauer, 2010.

La Tabla No. 2 enumera los valores medios para el desempeño de camarones dentro de los 30 días del experimento. Los resultados demuestran que los tratamientos en 100% de supervivencia de bioflocs tenían diferencias estadísticas en comparación con los otros tratamientos.

Tabla No. 2. Resultados de parámetros fisicoquímicos en sistemas de bioflocs para reutilización de agua

Tratamiento	Peso Inicial	Peso Final	Sobrev. (%)	Días de Cultivo	TCS	TCA	Prod/Kg/m ²	Biomassa Final (kg)
0	3,5 (0,93)	7,37 (0,11)	92,13 (3,75)	30	0,90	1,22	1,41	1,697
25	3,5 (0,93)	8,30 (0,11)	88,26 (3,23)	30	1,12	1,23	1,52	1,831
50	3,5 (0,93)	8,28 (0,09)	90,93 (2,37)	30	1,11	1,19	1,56	1,882
75	3,5 (0,93)	8,42 (0,13)	91,60 (3,60)	30	1,14	0,84	1,50	1,255
100	3,5 (0,93)	8,01 (0,10)	99,06 (2,59)	30	1,05	1,29	1,60	1,928

Fuente: Krummenauer, 2010.

De acuerdo con Burford, y otros (2003), los valores de peso final y la tasa de crecimiento fueron similares a los registrados por otros en técnicas similares. Según Wasielesky (2006), los valores de peso finales reportados en los tratamientos con bioflocs agregados y las buenas tasas de conversión de alimento registrados en este trabajo pueden estar asociados con la disponibilidad de proteína microbiana derivada de la productividad natural en la columna agua.

Este estudio demuestra la viabilidad de la reutilización del agua de un ciclo completo de cultivo de bioflocs. Los resultados también demostraron que es posible utilizar porciones de agua de sistemas de bioflocs para acelerar la formación de los agregados microbianos.

3. MARCO TEÓRICO

Según Burfod (2003), la fertilización con melaza estimula el crecimiento de las bacterias heterótrofas en un sistema de cultivo de camarón, los estudios reportados con el uso de melaza indican que ésta influye sobre la calidad del agua reduciendo las concentraciones de amonio generándose una mejor condición para los organismos en cultivo. Otra de las aplicaciones de la melaza es mantener una buena cantidad de bacterias no patógenas, restando el espacio a bacterias patógenas (vibrios), ya que la idea es que los organismos no patógenos tienen preferencia por los azúcares como fuente de carbohidratos y por competencia excluirían a los patógenos.

Según Wasielesky (2006), el sistema de biofloc es una técnica de cultivo que ayuda a asimilar y degradar compuestos nitrogenados presentes en el agua de cultivo, posibilitando que la misma agua sea reutilizada por diversos ciclos.

McAbee (2003), menciona que sistemas de reutilización de agua se estabilizan rápidamente con un equilibrio de las comunidades microbianas y parámetros de calidad de agua.

Según Schneider (2005), si el carbono y nitrógeno están bien equilibrados en la solución, el amonio y demás residuos orgánicos nitrogenados se convertirán en biomasa bacteriana.

Avnimelech (1999), mediante la adición de carbohidratos al estanque, el crecimiento de bacterias heterótrofas se estimula y la absorción de nitrógeno aumenta a través de la producción de proteínas microbianas.

Hargreaves (2006), Biofloc es una técnica que mejora la calidad del agua a través de la adición de carbono a la acuicultura la cual permite absorber compuestos nitrogenados promovido por el crecimiento bacteriano.

Según Hargreaves (2006) la degradación de amonio por bacterias heterótrofas se produce mucho más rápidamente debido a que el crecimiento tasa de rendimiento y biomasa microbiana por unidad de sustrato de heterótrofos son un factor 10 mayor que la de las bacterias nitrificantes.

Especies como *Macrobrachium rosenbergii*, *Penaeus vannamei*, *Oreochromis niloticus* fueron capaces de asumir bioflocs y las ganancias de esta fuente de proteína adicional. Esto

indica que la tecnología biofloc es aplicable tanto a los sistemas de agua dulce y salada, tanto para controlar la calidad del agua y producir una fuente de alimentación adicional en el lugar. Según Schryver (2008), el potencial de ganancia en la aplicación de la tecnología biofloc se estima que es del 10-20%. Con esto, los costos de producción disminuirán considerablemente desde alimentos que representa el 40-50% de los costes totales de producción.

3.1 Fitoplancton

El fitoplancton constituye el primer y más importante eslabón de la cadena trófica en la mayoría de los ecosistemas acuáticos y de su abundancia y composición depende una compleja comunidad de otros organismos incluyendo el zooplancton, el zoobentos y el necton.

Wyban (1991), recomienda mantener un florecimiento vigoroso de fitoplancton desde unos días (5 a 10) antes de la siembra de las post-larvas o juveniles y durante el ciclo completo de cultivo. Esto contribuirá eficientemente a mantener una adecuada calidad del agua en los estanques, a través de diferentes mecanismos:

- El incremento en la producción de oxígeno a través de la fotosíntesis.
- Abatimiento de metabolitos y sustancias tóxicas como amonio, nitritos, ácido sulfhídrico, metales pesados y otras.
- Regulación del pH en la columna de agua y sedimento (un asunto muy importante en estanques con suelos ácido sulfatados).
- Prevención del desarrollo de algas filamentosas en el fondo que causan severos problemas de manejo en los estanques.
- Incremento de la turbidez de la columna del agua lo cual minimiza los problemas de depredación por aves.
- Aumento del apetito y como consecuencia en el crecimiento y sobrevivencia.

Schrader (2003) no cualquier tipo de microalga es adecuada en un estanque de cultivo de camarón. Las diatomeas y algunos flagelados son considerados organismos deseables. Sin embargo otras, como algunas especies de cianofitas, son consideradas especies indeseables por

diversas causas: algunas son tóxicas para los organismos cultivados, otras dan olores y sabores indeseables a los tejidos de peces o camarones cultivados.

A continuación se mencionan algunos valores de densidades deseables de diferentes grupos de microalgas.

Tabla No. 3. Densidades deseables de fitoplancton (cel/mL) en estanques de cultivo de camarón.

Componente del Fitoplancton	Células/mL	
	Mínimo	Máximo
Bacillariophytes and Chrysophytes (diatomeas)	20,000	
Chlorophytes (green algae)	50,000	
Cyanophytes (blue-green algae)	10,000	40,000
Dinophytes (dinoflagellates)	---	500
Total de células en el fitoplancton	80,000	300,000

Fuente: Schrader, y Tucker, 2003.

Para lograr un adecuado desempeño del camarón en el cultivo, es necesaria una rutina de manejo de estanques que incluyen actividades tales como: preparación y acondicionamiento del fondo, fertilización y llenado. La fertilización, tiene como objetivo fundamental, proveer los nutrientes necesarios para el desarrollo de una comunidad fitoplanctónica sana y vigorosa con especies deseables como diatomeas. A partir de esta comunidad se desarrollarán una extensa gama de organismos que el camarón puede utilizar como fuente de alimentación.

En la fertilización es muy importante tomar en cuenta la proporción de nitrógeno fósforo y sílice, ya que de ella depende en gran medida el tipo y la concentración de microalgas que se van a desarrollar. Un estudio reciente realizado por Yussof (2002), demostró que la adición de fertilizantes con fósforo nitrógeno y carbono, propició el desarrollo de cianofitas, que son indeseables en los estanques, mientras que la adición nitrógeno y sílice incrementó el desarrollo de diatomeas, especialmente *Chaetoceros calcitrans*.

3.2 Zooplancton

Suárez (1998), la comunidad de zooplancton está conformada por una extensa variedad de organismos, que incluyen estadios larvales, juveniles y adultos de prácticamente todos los grupos zoológicos acuáticos, que viven suspendidos en la columna de agua y son transportados pasivamente por los movimientos de la misma.

Está muy bien documentada la contribución de los organismos del zooplancton como parte de la nutrición del camarón cultivado. Chiu, y Chen (1992), con *Penaeus monodon*; Yufera, y otros (1984), con *Penaeus kerathurus*; Rubright, y otros (1981) y Jory (1995, 2000).

Martínez (1998), los principales organismos del zooplancton utilizados como alimento por el camarón azul y camarón blanco son: nauplios de copépodos, copépodos adultos, larvas de poliquetos, larvas de insectos chironomidos y rotíferos.

Clifford, (1992), recomienda abundancia de zooplancton para obtener un real beneficio como alimento del camarón cultivado.

Tabla No. 4. Promedio de organismos del zooplancton recomendados en estanques de cultivos de camarón.

Grupo	Abundancia recomendada (org/ml)
Copépodos	2 a 50
Rotíferos	2 a 50
Protozoarios	10 a 150
Larvas de poliquetos	2 a 20

Fuente: Clifford, 1992.

3.3 Alcalinidad

La alcalinidad es la concentración total de bases en el agua, expresada en miligramos por litro de carbonato de calcio (CaCO_3). Las bases en el agua son: hidróxido, amonio, borato, fosfato, silicato, bicarbonato y carbonato.

Para un cultivo estable se recomienda que la alcalinidad tenga valores superiores a 80 mg/l para que los organismos se desarrollen de forma óptima. En agua dulce donde la alcalinidad no siempre llega a 100 mg/l es necesario tener en cuenta el balance iónico del agua en especial 1:3:1 (Ca:Mg:K), y para el desarrollo de los organismos. La alcalinidad generalmente desciende en estanques con suelos ácidos y baja en aguas con baja salinidad.

Tabla No. 5. Rango de concentraciones de alcalinidad para cultivo de camarón

Rango	Alcalinidad
0 - 75	Baja
>80	Optima
>200	Alta

Fuente: Boyd, 2000.

Según Boyd (2000), niveles altos de alcalinidad (200 a 300 mg/L de CaCO_3) con un pH mayor de 8.5 bloquean el proceso de muda del camarón por un exceso de pérdida de sales. Una manera de bajar la alcalinidad es reduciendo las poblaciones de algas con fuertes recambios de agua o aplicando algicidas, pero esta última opción no es muy recomendada porque puede ocasionar problemas de oxígeno y estrés en los estanques.

Por el contrario si tenemos alcalinidad baja aplicando bicarbonato de sodio y cal hidratada ayudarían a mejorar los niveles de alcalinidad elevándola.

3.4 Efecto de amonio en cultivo de camarón.

El amonio es producido principalmente por la excreción directa de los camarones así como la descomposición del material orgánico que contiene nitrógeno bajo condiciones aeróbicas (en la presencia de oxígeno) y anaeróbicas (en la ausencia de oxígeno), los cuales son descompuestos principalmente por bacterias. Con el aumento de la alimentación, aumenta la acumulación de amoniaco total (NH_4). El amoniaco no ionizado (NH_3) es la forma de amoniaco liberado hacia el Medio ambiente. Al aumentar el pH (desde 7.5 a 8.5) y la temperatura (desde 25-35 °C) se incrementa la forma de amoniaco no-ionizado, el cual es más tóxico para los camarones. Cuando el amoniaco es liberado hacia el ambiente acuático y se acumula en concentraciones grandes, puede crear problemas de estrés en los camarones. Generalmente, los resultados son crecimientos y eficiencia de alimentación pobres y ocurren efectos adversos bajo exposiciones prolongadas de 0.1 ppm (valores tan bajos como 0.09 mg/lit provocan crecimientos lentos en *M. rosenbergii*; mientras que 0.45 mg/lit causan un 50% de reducción del crecimiento en camarones peneidos). Los camarones pueden tolerar mayores rangos de amoniaco (0.6 - 2.0 ppm) por periodos cortos de exposición, pero éstos camarones expuestos son más susceptibles a las enfermedades tanto en sistemas semi-intensivos como intensivos.

3.5 Efectos del amoniaco sobre el camarón.

Boyd, (2000) el amoniaco puede provocar cambios histológicos como lesiones en las branquias y otros órganos, crecimiento lento. Generalmente, cualquier cantidad medible de amoniaco afectará el crecimiento y los resultados adversos sobre el crecimiento pueden provenir de lo siguiente: (a) absorción lenta o reducida de oxígeno causada por daño a las branquias; (b) demanda de energía adicional causada por el uso de vías alternativas de desintoxicación; (c) perturbaciones en la regulación osmótica y (d) daños físicos en varios tejidos.

3.6 Fósforo y nitrógeno en cultivos de camarón

Generalmente el fosfato es el nutriente limitante para la productividad fitoplanctónica en los estanques acuícolas. Los suelos del fondo del estanque absorben fuertemente el fósforo y debido a su insolubilidad, el fósforo sujeto al suelo tiene poca disponibilidad para el fitoplancton.

En la acuicultura, el fitoplancton vive libremente en el agua del estanque y no está en contacto directo con el suelo. Por lo tanto la disponibilidad de fósforo del suelo del estanque para el fitoplancton, depende del intercambio de fósforo entre el suelo y el agua del estanque.

El fósforo y nitrógeno son los nutrientes más importantes en los estanques. De su concentración depende el crecimiento óptimo de fitoplancton. Si hay poco fósforo y nitrógeno, habrá muy poco fitoplancton, el agua estará clara y habrá escasez de comida para el camarón; si hay mucho fósforo y nitrógeno existirá exceso de fitoplancton, y durante la noche caerá el oxígeno disuelto.

El amonio y nitratos son la principal fuente de nitrógeno para las plantas. El nitrógeno presente en la materia orgánica (nitrógeno orgánico) se convierte en amonio mientras las bacterias descomponen la materia orgánica. El amonio puede convertirse en nitrato al ser nitrificado por las bacterias. El agua que llega al estanque contiene amonio, nitrato y nitrógeno orgánico. El suelo del estanque es otra fuente de nitrógeno orgánico. Aunque algunas bacterias y alga azules pueden convertir el nitrógeno proveniente de la atmósfera en nitrógeno orgánico por medio de un proceso biológico conocido como fijación de nitrógeno, este proceso no tiene gran importancia en los estanques de camarón donde la principal fuente de nitrógeno es el alimento y los fertilizantes. Generalmente de un 20 a 40% del nitrógeno en el alimento se transforma a nitrógeno en el tejido del camarón, el resto es defecado al agua en forma de amonio.

Tabla No. 6. Parámetros óptimos de calidad de agua para cultivo de camarón

Parámetro	Rango Óptimo
pH	7.0 – 7.5
Nitrato	5.0 – 8.0
Fosfato	0.2 – 0.6
Silicato	2.0 – 20
Amonio	0.2 – 2.0
Nitrito	< 0.23
Alcalinidad	75 – 300
Hierro	0.01 – 0.05
Sulfito	0.01 – 0.09

Fuente: Boyd, 2000.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar el desempeño productivo de un cultivo híper-intensivo de camarón de bajo recambio de agua utilizando melaza en polvo.

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar parámetros fisicoquímicos de calidad de agua a lo largo del ciclo de cultivo en estanques tratados con melaza en polvo versus estanques no tratados.
- Determinar la estabilidad y porcentajes de grupos fitoplanctónicos y zooplancton a lo largo del ciclo de cultivo en estanques tratados con melaza en polvo versus estanques no tratados.
- Evaluar el crecimiento de camarón en estanques tratados con melaza en polvo versus estanques no tratados.

5. HIPOTESIS

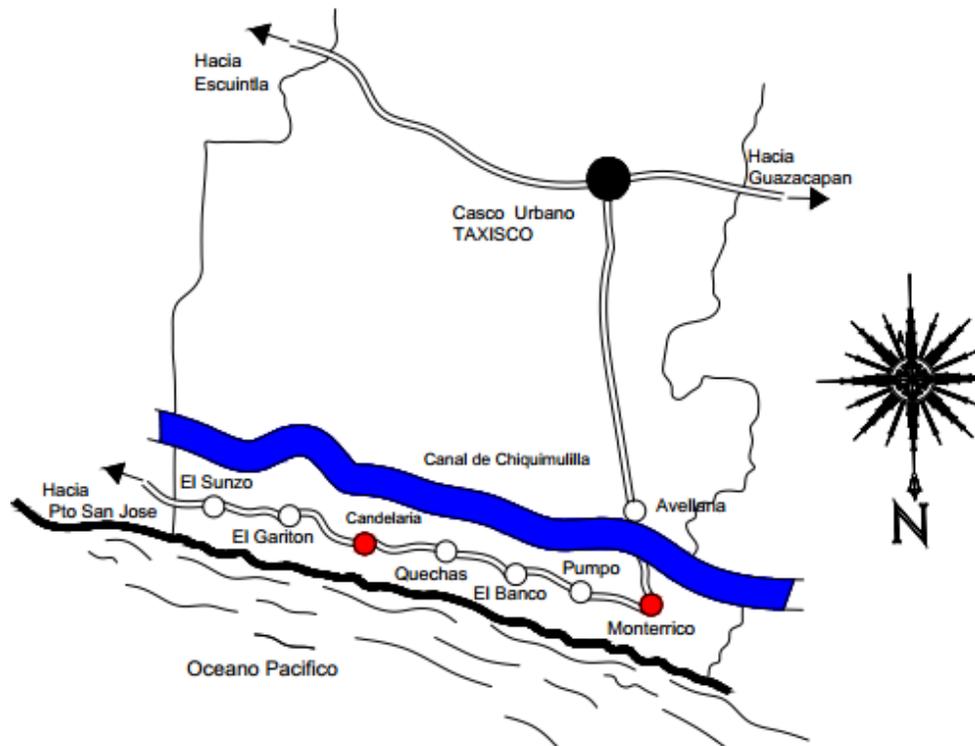
H0. No existe diferencia significativa en el comportamiento productivo del camarón entre estanques tratados con melaza en polvo y no tratados.

H1. Si existe diferencia significativa en el comportamiento productivo del camarón entre estanques tratados con melaza en polvo y no tratados.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 Ubicación geográfica

El área de estudio está localizada en el pacifico guatemalteco en Aldea La Candelaria en el municipio de Taxisco, Santa Rosa; se encuentra entre el canal de Chiquimulilla y el Océano Pacífico. Cuenta con un clima cálido y una altura de 2 msnm, ubicada a una latitud de $13^{\circ}54'58''$ y longitud de $90^{\circ}33'10''$.



Fuente: Centro de Estudios Conservacionistas (CECON)

Figura No. 1. Ubicación geográfica de aldea la Candelaria (Centro de Estudios Conservacionistas [CECON], 2011).

6.2 Variables

Variables Fisicoquímicas de calidad de agua.

- Parámetros in situ.
 - pH (mg/L)
 - Oxígeno (mg/L)
 - Temperatura (°C)
 - Salinidad (mg/L)

- Parámetros análisis de laboratorio.
 - Amonio (mg/L)
 - Nitritos (mg/L)
 - Nitratos (mg/L)
 - Silicatos (mg/L)
 - Hierro (mg/L)
 - Fosfatos (mg/L)
 - TSS (mg/L)
 - Alcalinidad (mg/L)

Variables Biológicas.

- Fitoplancton.
 - Clorofitas (cel/mL)
 - Cianofitas (cel/mL)
 - Diatomeas (cel/mL)
 - Dinoflagelados (cel/mL)

- Zooplancton (org/mL)
- Análisis biométricos de crecimiento
- Factor de conversión alimenticia

6.3 Diseño Experimental

6.3.1 Descripción de tratamientos

Se realizó la comparación de 1 piscina utilizando melaza en polvo y 1 piscina sin aplicación de melaza para evaluar si existía alguna diferencia significativa en la estabilidad de parámetros fisicoquímicos y biológicos de la calidad de agua a lo largo del cultivo; las piscinas tuvieron el mismo manejo operativo de cultivo como los mismos tipos de alimentos.

Para determinar si había alguna diferencia se inició monitoreando la calidad de agua al inicio del llenado de estanques para tener un punto de referencia en cuanto a la calidad de agua de inicio y la variabilidad de los parámetros a lo largo del ciclo de cultivo.

La preparación del agua del estanque en el inicio de cultivo se realizó con fertilizantes acuícolas iniciando con Ferti- Plus un fertilizante acuícola 100% soluble a base de nitrógeno nítrico el cual incidió positivamente en los siguientes aspectos:

- Funciono como regulador ecológico del medio ya que proveyó nitrógeno al medio (Fitoplancton, Fitobentos).
- Elevo el pH del medio específicamente cuando las condiciones se encontraban ácidas.
- Funciono como un reductor de materia orgánica (oxidación).
- Aporto de forma inmediata oxígeno en el medio.

Así mismo se utilizó Silica Plus, un fertilizante a base de Silicato de Magnesio soluble en agua proveyendo las siguientes características al medio:

- Regulador y promotor de algas diatomeas

- Mantuvo estables las poblaciones de algas diatomeas.

Aplicación de Fertilizantes para preparar las piscinas

Fase 1. Fertilizantes Acuícolas

Primera Dosis al agua.

La primera dosis de fertilización se realizó en el primer tercio del llenado y se aplicó 15Kg/Ha de Ferti-plus 8Kg/Ha de Silica-plus. Esto se realizó en la entrada de agua para que la corriente lo distribuyera por toda la piscina.

Segunda Dosis:

Se realizó una segunda dosis a los 4 días de haber llenado la piscina, la dosis fue de 7Kg./Ha de Ferti-plus, 5 Kg/ha de Silica-plus aplicándolo al boleó a lo largo de la piscina.

Segunda Fase.

Dosis semanal o dosis de mantenimiento.

Se realizó las aplicaciones una vez por semana durante todo el ciclo, con dosis de 5 Kg./Ha de Ferti-plus, 5 Kg/Ha Silica-plus lo cual fue determinado por los análisis de agua correspondientes.

Aplicación de la Melaza en polvo.

La aplicación de la melaza en polvo se realizó semanalmente a una dosis de 7k/Ha y se distribuyo a lo largo del estanque.

6.3.2 Modelo estadístico

Se realizó una prueba de hipótesis para diferencias entre medias y una prueba de medias emparejadas para ver si existía una diferencia significativa entre cada una de las medias de los parámetros de crecimiento.

Se realizó una representación gráfica lineal para determinar el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y biológicos a lo largo del ciclo de cultivo.

6.3.3 Tamaño y forma de las unidades experimentales

El área de los estanques utilizados en el experimento fueron de 3,500 m² cada uno, los cuales se sembraron a una densidad de 225 camarones/ m², presentando una forma cuadrada.

6.3.4 Manejo del experimento

Los experimentos estuvieron bajo el mismo manejo técnico de producción; densidad, % de alimentación, dosis de fertilización, fecha de siembra, origen de larva, alimento; se le dieron las mismas condiciones de manejo para evaluar si la melaza tenía algún cambio significativo en las unidades evaluadas.

6.3.5 Croquis de Campo

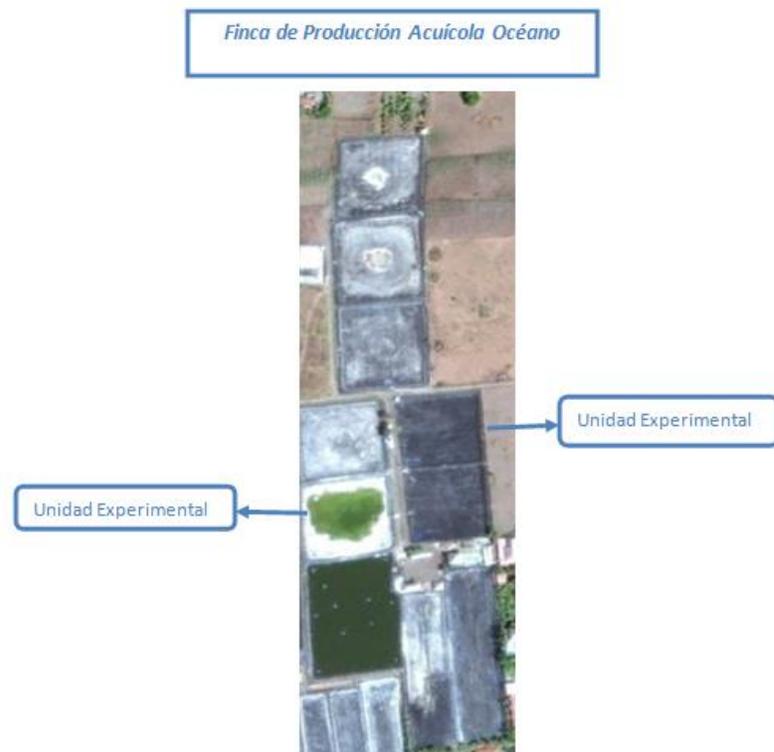


Figura No. 2. Croquis general de finca de Producción Acuícola Océano
(Trabajo de campo, 2015)

6.3.6 Análisis de la Información

Tomas de Muestras.

La toma de muestras y su análisis se realizaban cada 15 días, en los cuales se medían variables fisicoquímicas y biológicas antes mencionadas. A continuación se presentan los formatos utilizados para la recopilación de datos in Situ los que posteriormente se tabularon en una hoja electrónica de Excel y se analizó según el método estadístico.

Cuadro No. 1. Formato para la tabulación de datos recopilados en campo de parámetros fisicoquímicos

Parámetros de Calidad de Agua												
Estanque	Amonio	Nitrato	Nitrito	Hierro	Fosfatos	Sulfitos	Silicatos	TSS	pH	Salinidad	Temperatura	OD
	NH ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	Fe mg/L	PO ₄ mg/L	SO mg/L	SiO ₂ mg/L	mg/l		PPM	°C	Mg/L

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Cuadro No. 2. Formato para la tabulación de los datos recopilados en campo: Análisis biológico

Tipo de Algas									Total de Algas
Cianofitas		Clorofitas		Diatomeas		Dinoflagelados		Zooplankton	
Cel/mL	%	Cel/mL	%	Cel/mL	%	Cel/mL	%	Org/mL	

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

6.4 Procedimiento y muestreo

Para dar inicio a la investigación primeramente se inició con la limpieza y desinfección de las unidades sometidas a investigación la cual se realizó por medio de escobones y una máquina de agua de alta presión para remover todas las partículas adheridas a la superficie, posteriormente se aplicó una solución de cloro a las paredes de la piscina dejándola por un periodo de dos días de secado para su posterior llenado (Figura No. 3).



Figura No. 3. Limpieza y desinfección de estanques (Trabajo de campo, 2015)

Seguidamente se procedió con el llenado de las unidades y aplicación de productos de fertilización acuícola y melaza en polvo para la unidad experimental, estas dosis fueron las establecidas según los protocolos de fertilización antes mencionados (Figura No. 4).



Figura No. 4. Llenado y aplicación de productos de fertilización acuícola (Trabajo de campo, 2015)

Posteriormente se procedió a la toma de muestras cada quince días para recabar datos fisicoquímicos y biológicos de las unidades sometidas a investigación y sus análisis in situ en el laboratorio de la finca (Figura No. 5). La toma de muestras para calidad de agua de parámetros fisicoquímicos y biológicos se tomaba en la salida de los estanques.



Figura No. 5. Análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos (Trabajo de campo, 2015)

En cada visita se realizaba un análisis macroscópico de salud de los camarones para ver grado de flacidez, coloración, grado de suciedad y características generales de los mismos (Figura No. 6).



Figura No. 6. Análisis macroscópico de salud de camarones (Trabajo de campo, 2015)

Finalizado el periodo de cultivo y realizado los análisis rutinarios de cultivo durante el periodo establecido se procedió a la cosecha de las unidades sometidas a investigación (Figura No. 7)



Figura No. 7. Cosecha de camarón de las unidades Sometidas a investigación
(Trabajo de campo, 2015)

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cultivo se evaluó la dinámica de parámetros fisicoquímicos y biológicos de las unidades experimentales sometidas a investigación. Las unidades experimentales fueron sometidas a las mismas medidas de manejo, incluyendo alimentación, protocolos de fertilización y suministro de agua, siendo la única de fuente de variación la adición de la melaza.

7.1 Dinámica de parámetros fisicoquímicos

En los Cuadros No. 3 y 4 se muestran los resultados de la dinámica de parámetros fisicoquímicos registrados durante el periodo experimental.

Cuadro No. 3. Resultados de parámetros fisicoquímicos registrados durante el experimento del uso de melaza en polvo en sistemas hiper-intensivos de camarón de bajo recambio de agua

Fecha	Amonio		Hierro		Silicatos		Nitrato		Nitritos		Alcalinidad	
	mg/L	mg/L										
	Experimental	Testigo										
24-jun	0.23	0.04	0.01	0.02	14.32	26.32	5.9	8.6	0.25	0.27	132	177.7
09-jul	0.14	0.19	0.11	0.02	14.5	21.01	3.5	4	0.1	0.04	256	170.5
24-jul	0.19	0.22	0.09	0.18	12.3	19.21	4.1	4.3	0.12	0.17	245	176
12-ago	0.25	0.24	0.18	0.34	21.29	25	5.1	3.1	0.1	0.25	235	185
27-ago	1.1	2.1	0.22	0.27	17.8	19.3	3.9	3.8	0.3	0.4	225	189
11-sep	1.9	2.86	0.3	0.3	5.62	13.98	4.1	3.9	0.35	0.38	230.18	200.16
26-sep	2.1	3.56	0.25	0.4	11.25	15.1	5	5.5	0.38	0.48	245	230

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Cuadro No. 4. Resultados de parámetros fisicoquímicos registrados durante el experimento del uso de melaza en polvo en sistemas hiper-intensivos de camarón de bajo recambio de agua

Fecha	Fosfato	Fosfato	TSS	TSS	Sulfitos	Sulfitos	Temperatura		Oxigeno	Oxigeno	pH	pH	Salinidad	Salinidad
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	oC	oC	mg/L	mg/L			mg/L	mg/L
	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo	Experimental	Testigo
24-jun	0.18	0.23	11	11	0.011	0.01	32.2	32.3	4.2	4	7.5	7.55	16.5	15
09-jul	0.4	0.21	53	15	0.05	0.16	33.1	32.9	3.8	3.9	7.55	7.5	17.8	15.5
24-jul	0.52	1.15	85	85	0.057	0.1	33.4	33.5	4.2	3.1	7.6	7.6	16.6	17.7
12-ago	0.71	1.73	90	98	0.051	0.118	32.8	32.5	3.2	2.6	7.65	7.7	17.3	18
27-ago	1.5	1.75	115	89	0.1	0.13	33	33.1	3.1	2.5	7.7	7.6	16.6	19.2
11-sep	1.7	1.96	145	124	0.118	0.153	32.7	32.9	2.8	3	7.75	7.7	17.3	18.1
26-sep	1.9	1.7	162	138	0.15	0.18	31.8	32	3	2.7	7.65	7.75	17	18.9

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Los cuadros No. 3 y 4 muestran los resultados de parámetros físicos y químicos registrados durante el experimento. Los de la unidad experimental se mantuvieron dentro de los rangos recomendados o más cercanos a ellos no representando un peligro para el cultivo de camarón marino. Excepto para la unidad testigo donde algunos valores promedio exponían a los camarones a concentraciones de estrés no poniendo en peligro el cultivo pero si afectando parámetros de crecimiento de los camarones.

Dentro de los parámetros fisicoquímicos que no tuvieron un cambio significativo en las unidades en investigación ya que presentaban características de entrada iguales como lo era el afluente, ubicación y ambiente fueron temperatura, salinidad y pH como lo muestran las Figuras No.8, 9 y 10. La temperatura del agua presentó poca variación entre las unidades evaluadas los mayores valores se obtuvieron en el mes de julio. En este caso la temperatura se mantuvo en un promedio de 32.72 °C, considerándose óptima para el cultivo de camarones (Figura No. 8). Los resultados de pH promediaron 7.62 unidades, este nivel se mantuvo con una tendencia a 8 unidades siendo ligeramente básica, promedio que presenta la mayoría de los cuerpos de agua salobre, (Figura No. 9). Las concentraciones de salinidad de las unidades muestreadas mantuvieron una tendencia similar promediando 17.1 ppm de salinidad; Según Boyd (2000), *Peneaus vannamei* es una especie que puede ser cultivada con salinidad entre 1 y 40 ppm, se produce mejor con una salinidad superior a 5 ppm (Figura No. 10).

7.1.1 Temperatura

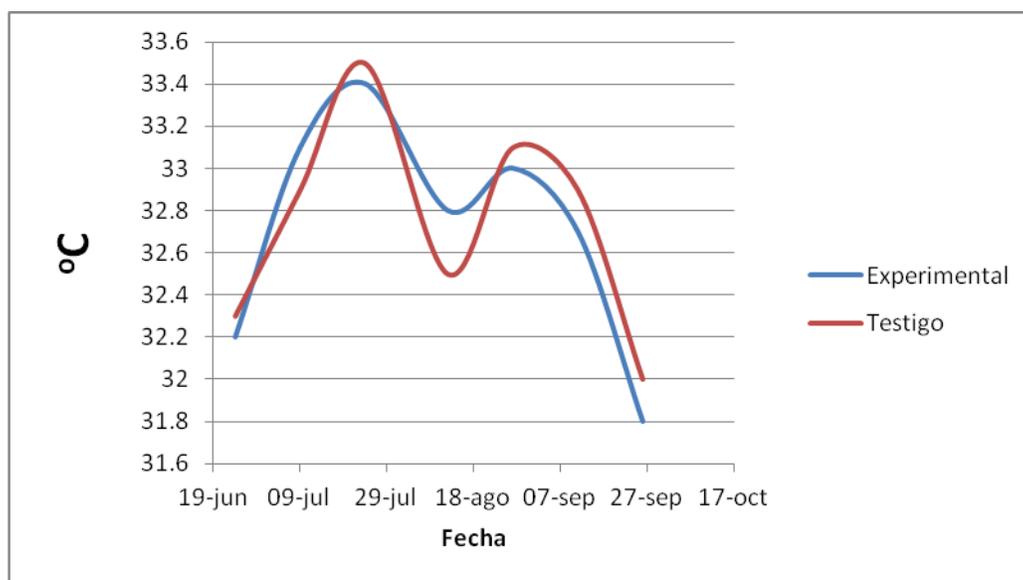


Figura No. 8. Dinámica de temperatura de las unidades sometidas a evaluación (Trabajo de campo, 2015).

7.1.2 Potencial de hidrógeno

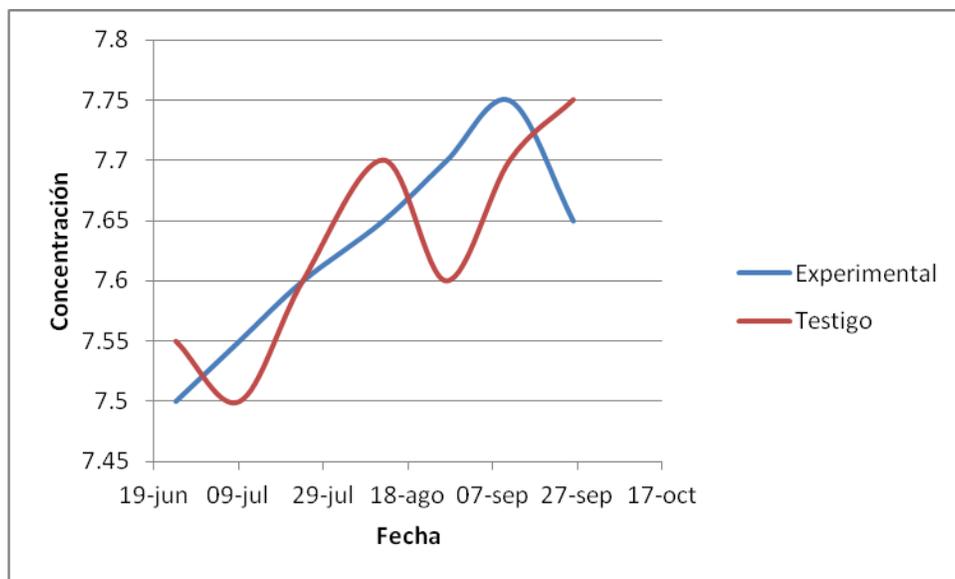


Figura No. 9. Dinámica de pH de las unidades sometidas a evaluación (Trabajo de campo, 2015).

7.1.3 Salinidad

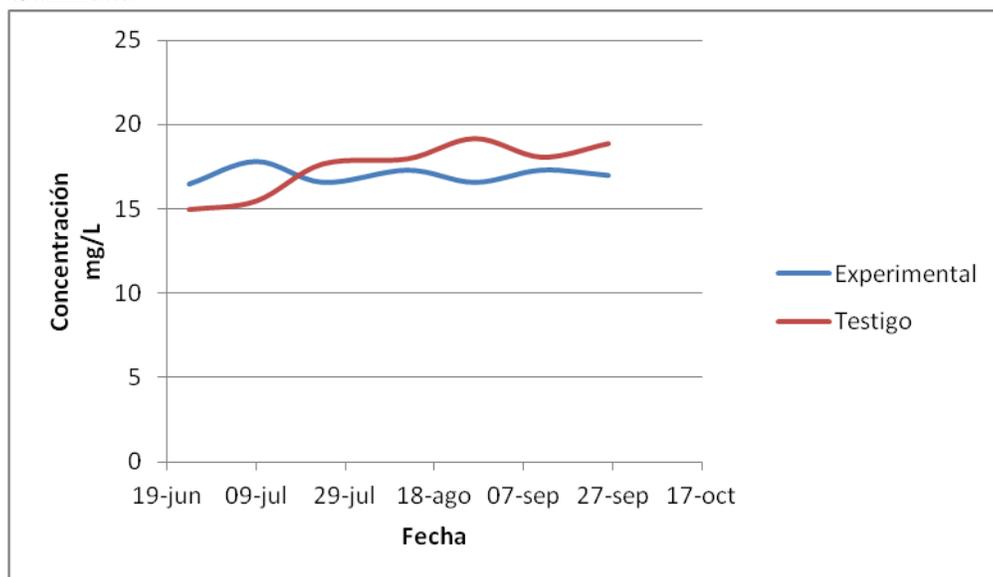


Figura No. 10. Dinámica de salinidad de las unidades sometidas a evaluación durante el ciclo de cultivo (Trabajo de campo, 2015).

7.1.4 Oxígeno Disuelto

En relación al oxígeno disuelto, se observa una disminución gradual a medida que el ciclo de cultivo avanza debido a que la biomasa en el estanque es mayor y los procesos biológicos aumentan como lo es la respiración bacteriana para degradar las concentraciones de materia orgánica y compuestos químicos; según Figura No.11 se presenta una mayor estabilidad en el estanque experimental lo que incide directamente en el equilibrio fisiológico de los camarones presentando un mayor rendimiento en todos sus procesos; esta misma estabilidad incide en procesos químicos y biológicos que se dan en las unidades evaluadas por lo que a mayor concentración de oxígeno mayor es la capacidad de concluir los procesos y transformar los compuestos presentes.

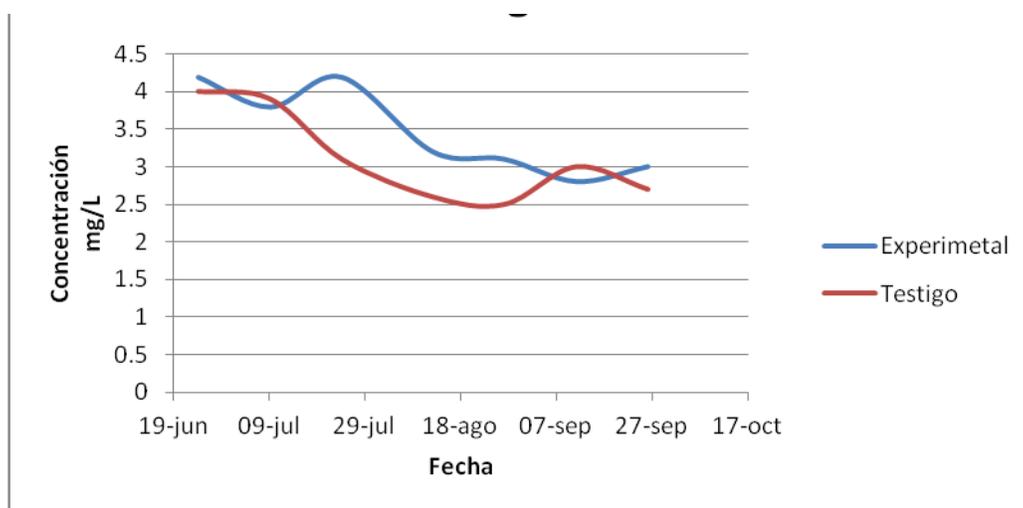


Figura No. 11. Dinámica de oxígeno de las unidades sometidas a evaluación (Trabajo de campo, 2015).

7.1.5 Amonio

Las concentraciones de amonio a lo largo del ciclo de cultivo muestran una diferencia significativa y de mayor estabilidad en la unidad experimental debido al efecto de la degradación de bacterias ya que a mayor disponibilidad de energía mayor concentración de bacterias lo que incide directamente en capacidad de degradación de amonio; como se puede observar en la Figura No.12 el aumento de las concentraciones de amonio están directamente relacionadas a las altas concentraciones de alimento, alta biomasa en el estanque y acumulación de sedimento en las unidades evaluadas; un estanque generalmente puede presentar una concentración de amonio de 10mg/L que probablemente no va a matar a los camarones, Boyd (2000), dice que para evitar el estrés es mejor no sobrepasar de 2 mg/L. Mediante la adición de carbohidratos al estanque, el crecimiento de bacterias heterótrofas se estimula y la absorción de nitrógeno aumenta a través de la producción de proteínas microbianas.

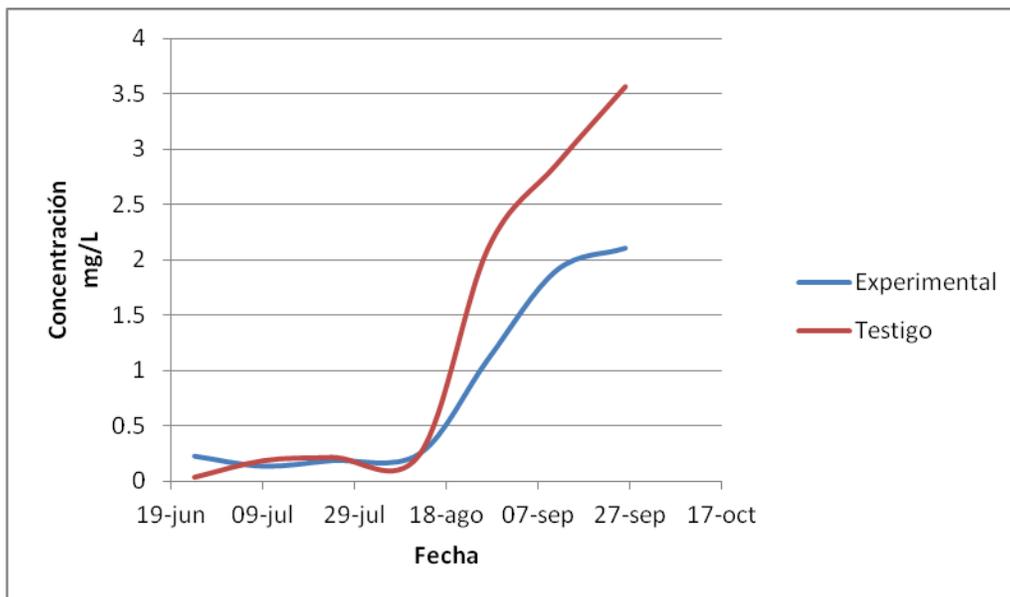


Figura No. 12. Dinámica de amonio de los estanques sometidos a evaluación (Trabajo de campo, 2015)

7.1.6 Hierro

Las concentraciones de hierro en las unidades evaluadas muestran un crecimiento a lo largo del ciclo de cultivo relacionado directamente a las concentraciones de materia orgánica acumuladas en los estanques a mayor concentración de materia orgánica mayor concentración de hierro siendo un parámetro importante para determinar los periodos de sifoneos en los estanques para mejorar las condiciones de calidad de agua (Figura No. 13).

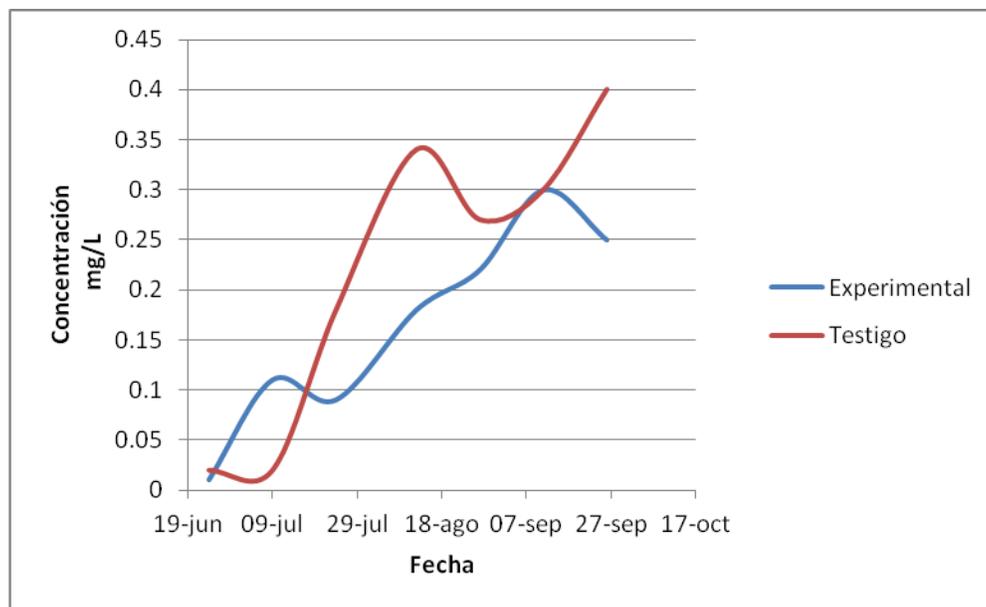


Figura No. 13. Dinámica de hierro de los estanques sometidos a evaluación (Trabajo de campo, 2015)

7.1.7 Silicatos

El Silicato de Magnesio aplicado a las unidades era específicamente para promover y mantener estables las poblaciones de algas diatomeas por lo que las concentraciones de silicato en el agua están relacionadas con las concentraciones de diatomeas como lo muestran la Figura No. 14 a mayor concentración de silicato de magnesio en el agua mayor concentración de poblaciones de diatomeas en las unidades sometidas a investigación, teniendo un impacto directo en el crecimiento del camarón.

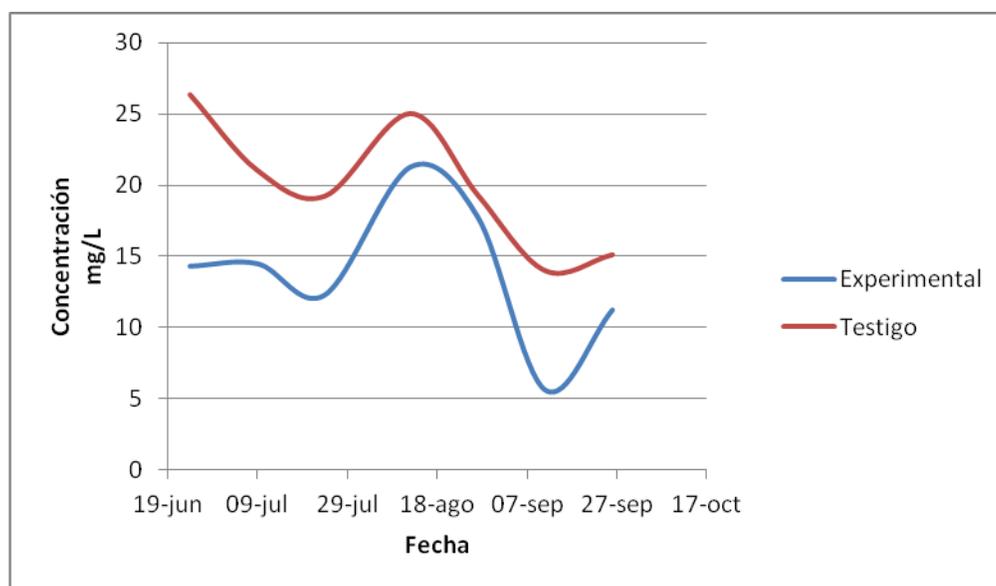


Figura No. 14. Dinámica de silicatos de los estanques sometidos a evaluación (Trabajo de campo, 2015)

7.1.8 Nitrato

El comportamiento de concentraciones de nitratos en las unidades evaluadas fue estable debido al protocolo de fertilización suministrado a cada estanque, este se utilizó con la finalidad de promover el crecimiento de poblaciones algales beneficiosas para la nutrición del camarón y para mantener un equilibrio ecológico en el estanque; las concentraciones recomendadas según (Boyd, 2000) van de 2 mg/L a 8 mg/L por lo que las concentraciones en las unidades durante el ciclo de cultivo se mantuvieron dentro de los rangos aceptables (Figura No.15).

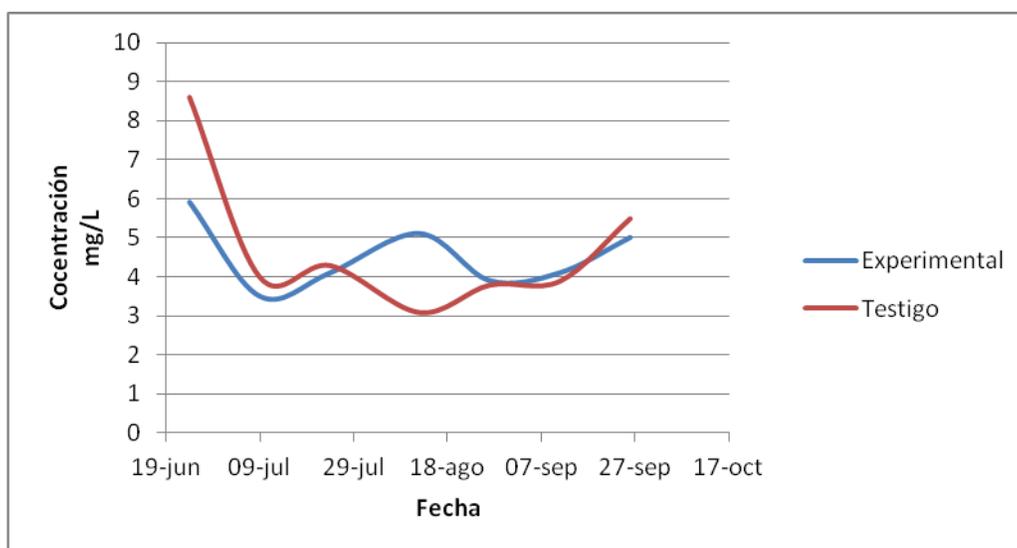


Figura No. 15. Dinámica de nitrato de los estanques sometidos a evaluación (Trabajo de campo, 2015)

7.1.9 Nitrito

El aumento de las concentraciones de nitritos en el agua están directamente relacionadas a la acumulación de sedimentos así como la carga en el sistema según (Boyd, 2000) para que un organismo no entre en una fase de estrés las concentraciones deben ser menores a 0.25 mg/L si es mayor a esta concentración los organismos disminuyen la capacidad de crecimiento; si es mayor a 1 o 2 mg/L en sistemas intensivos se ha reportado toxicidad resultando letal para los camarones; como se puede observar en la Figura No.16 en las últimas semanas las concentraciones estuvieron por arriba de lo óptimo siendo mayor en la unidad testigo provocando estrés en los organismos influyendo directamente en su desarrollo.

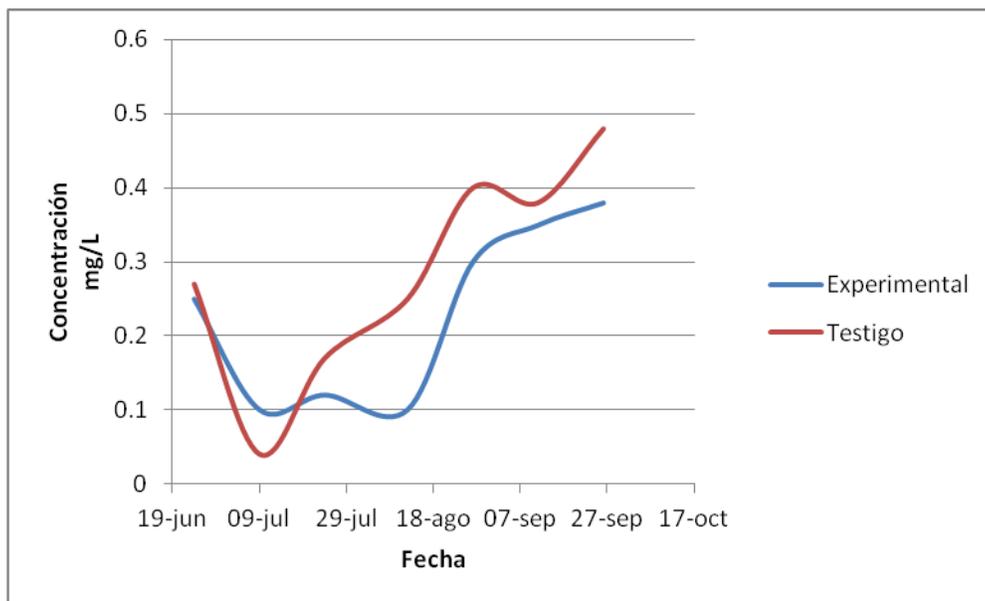


Figura No. 16. Dinámica de nitrito de los estanques sometidos a evaluación (Trabajo de campo, 2015)

7.1.10 Alcalinidad

Para un cultivo estable se recomienda que la alcalinidad tenga valores superiores a 75 mg/l para que los organismos se desarrollen de forma óptima y niveles mayores a 300 mg/L con un pH mayor de 8.5 bloquean el proceso de muda del camarón por un exceso de pérdida de sales (Boyd, 2000); según las concentraciones obtenidas de las unidades evaluadas están dentro de los rangos óptimos de cultivo (Figura No. 17).

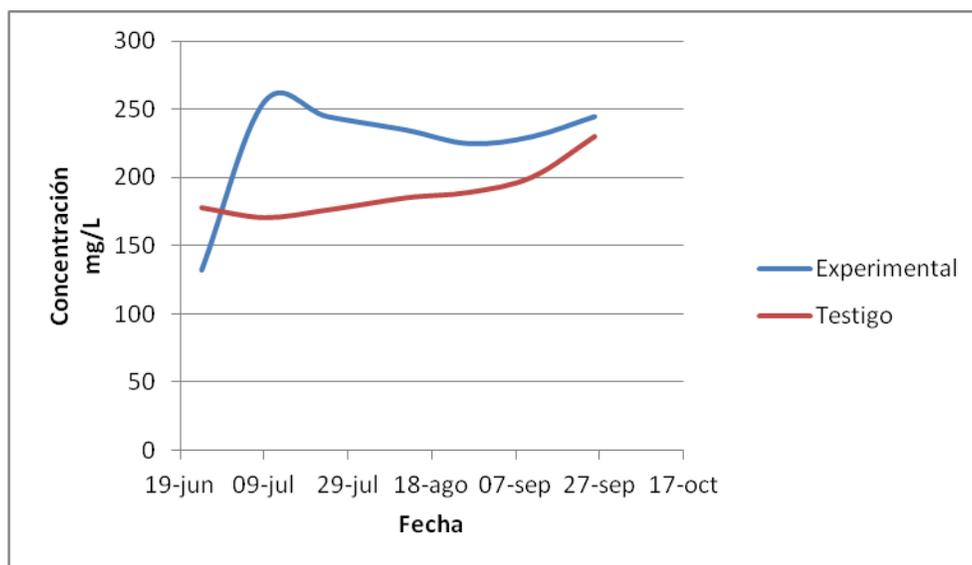


Figura No. 17. Dinámica de alcalinidad de los estanques sometidos a evaluación (Trabajo de campo, 2015)

7.1.11 Fosfato

El aumento gradual de las concentraciones de fosfato en las unidades evaluadas están relacionadas al aumento de las concentraciones de alimento empleadas a los estanques así como escorrentías en las épocas de lluvia principalmente por descargas de aguas residuales de las poblaciones aledañas a la cuenca y la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes en el área la cual llega a los cuerpos de agua por la misma vía. Según los resultados obtenidos en las unidades evaluadas se puede observar que las aguas están altamente cargadas en nutrientes resultado de las características antes mencionadas (Figura No. 18).

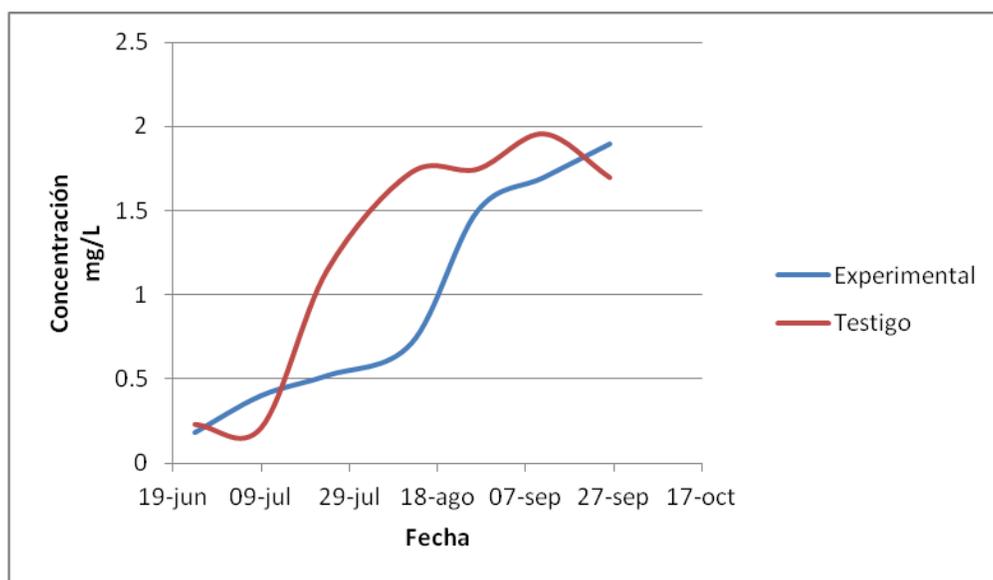


Figura No. 18. Dinámica de fosfato de las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.1.12 Total de sólidos en suspensión

El total de sólidos en suspensión está directamente relacionado con el aumento de materia orgánica y productividad primaria en el estanque y esta a su vez va aumentando conforme aumenta la carga en el sistema. Según Hargreaves (2006), valores altos de sólidos en suspensión en sistemas con uso de una fuente de carbonó son normales ya que comprenden compuestos como fitoplancton, bacterias, agregados de materia orgánica particulada muerto y viva. Según Cangrejo (2010), Estos sistemas de cultivo muestran una cantidad adecuada de proteínas, lípidos, hidratos de carbono y el contenido de cenizas para su uso como alimento para la acuicultura pero se necesita más investigación en su composición de aminoácidos y ácidos grasos, pero si aporta gran fuente de nutrientes a los camarones lo que se refleja en el crecimiento en comparación de la unidad experimental y testigo.

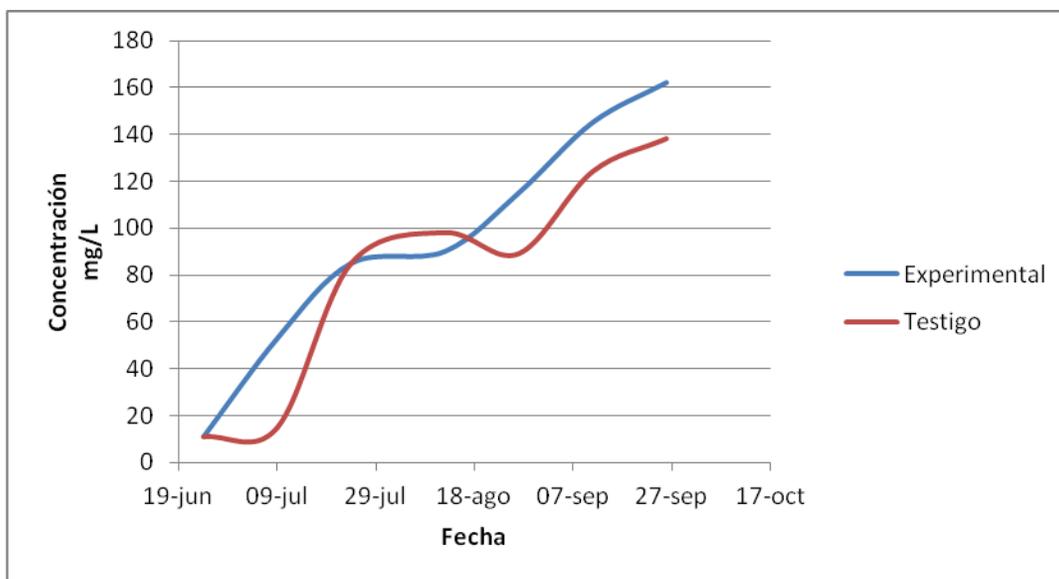


Figura No. 19. Dinámica de total de sólidos en suspensión de las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.1.13 Sulfitos

Boyd (2000), las concentraciones de sulfitos es producido por bacterias en suelos anaeróbicos en concentraciones altas son toxicas para el camarón, las concentraciones optimas son menores a 0.20 mg/L arriba de eso entran en estrés y periodos prolongados causan la muerte de los organismos; según las concentraciones de las unidades evaluadas están dentro del rango optimo aceptable (Figura No. 20).

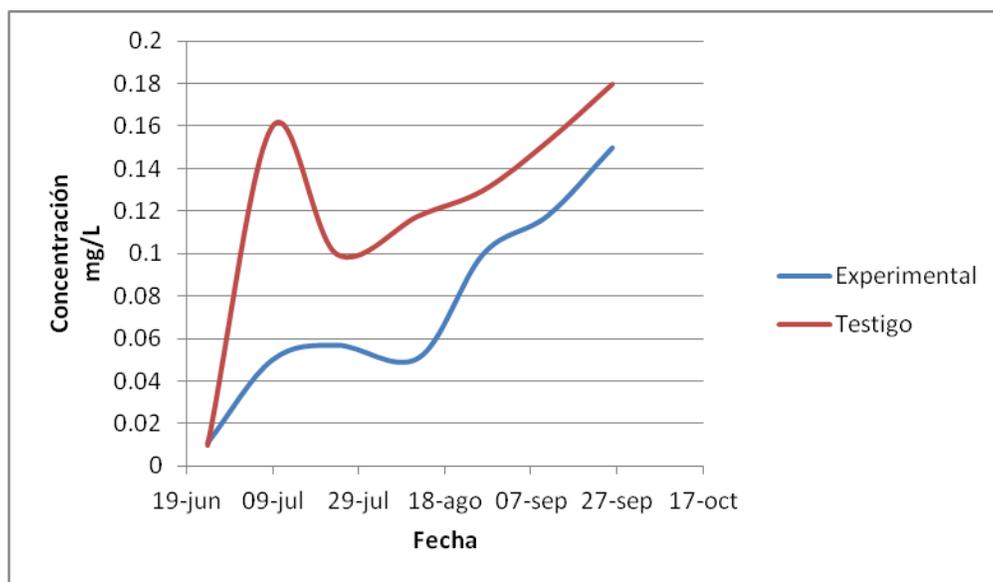


Figura No. 20. Dinámica de sulfito de las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.2 Dinámica de parámetros biológicos

El fitoplancton es la base de la cadena alimenticia en las piscinas de cultivo, cuando aumentamos la productividad primaria, directa o indirectamente aumentamos la alimentación disponible para el camarón; Con un correcto régimen de fertilización podremos obtener una población de fitoplancton adecuada, la cual ayudará a reducir los niveles de CO₂ y amonio; aportará oxígeno disuelto a la piscina ayudando a obtener condiciones más estables que causen menor estrés al camarón.

A continuación se muestran los resultados de parámetros biológicos a lo largo del ciclo de cultivo de camarón en sistemas hiper-intensivos de camarón.

Cuadro No. 5. Resultados de parámetros biológicos de la unidad experimental durante el ciclo de cultivo con la inclusión de melaza en polvo

Fecha	Tipo de Algas									Total Algas
	Cianofitas		Clorofitas		Diatomeas		Dinoflagelados		Zooplankton	
	cel/mL	%	cel/mL	%	cel/mL	%	Cel/mL	%	org/mL	
	Experimental		Experimental		Experimental		Experimental		Experimental	
24-jun	1200	39.3	1250	41	500	16.4	100	3.3	10	3050
09-jul	6200	55.7	3200	29	1600	14.4	135	1.2	12	11135
24-jul	12400	17.7	45600	65	12000	17.1	235	0.3	25	70235
12-ago	11000	14.9	48150	65	14000	19.0	550	0.7	22	73700
27-ago	12700	23.0	32500	59	9700	17.5	400	0.7	30	55300
11-sep	14300	21.9	42200	65	8200	12.6	480	0.7	45	65180
26-sep	9000	13.3	45000	66	13100	19.4	575	0.8	48	67675

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Cuadro No. 6. Resultados de parámetros biológicos de la unidad testigo durante el ciclo de cultivo sin inclusión de melaza en polvo

Fecha	Tipo de Algas									Total Algas
	Cianofitas		Clorofitas		Diatomeas		Dinoflagelados		Zooplankton	
	cel/mL	%	cel/mL	%	cel/mL	%	Cel/mL	%	org/mL	
	Testigo		Testigo		Testigo		Testigo		Testigo	
24-jun	400	23.7	950	56	300	17.8	40	2.4	8	1690
09-jul	2300	30.5	4200	56	950	12.6	80	1.1	14	7530
24-jul	4300	17.5	18100	74	2000	8.1	180	0.7	21	24580
12-ago	6800	15.4	32000	72	5100	11.5	325	0.7	12	44225
27-ago	10000	14.5	49000	71	9700	14.0	400	0.6	27	69100
11-sep	8500	14.0	44000	73	7500	12.4	550	0.9	33	60550
26-sep	7600	10.0	60500	80	7300	9.6	475	0.6	40	75875

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Según Tucker (2003), no cualquier tipo de microalga es adecuada en un estanque de cultivo de camarón. Las diatomeas y algunos flagelados son considerados organismos deseables. Sin embargo otras, como algunas especies de cianofitas, son consideradas especies indeseables por diversas causas: algunas son tóxicas para los organismos cultivados, otras dan olores y sabores indeseables a los tejidos camarones cultivados.

Siendo el alimento vivo una base importante para el cultivo de camarón comparamos los resultados obtenidos en las unidades sometidas a investigación: las cianofitas son algas que tienen la característica que cuando las condiciones les son favorables a ellas y desfavorables a otras algas, poder crecer en grandes cantidades en poco tiempo. Como se observa en la Figura No. 21 las cianofitas tienen un crecimiento normal con unos picos de crecimiento en los meses de julio y septiembre que están relacionados directamente con las altas temperaturas, bajas salinidades, alta concentración de nutrientes en especial de Nitrógeno y Fósforo y altas concentraciones de materia orgánica como lo muestran el comportamiento de los parámetros mencionados en sus graficas respectivas, las algas verdes y dinoflagelados tuvieron un comportamiento normal en concentraciones para cultivo de camarón según los rangos recomendados por Clifford (1994). El comportamiento de las diatomeas y el porcentaje en relación a los demás grupos algales son los establecidos por Clifford (1994) y estos a su vez tiene un impacto en el crecimiento y supervivencia del camarón según Wyban, y Sweeney (1991), como lo muestra la figura No. 23 el comportamiento de diatomeas y concentraciones más altas fueron en el tratamiento experimental que están directamente relacionados con mejores crecimientos semanales y pesos promedios finales, sobrevivencias y rendimiento de cultivo. El comportamiento de zooplancton estuvo dentro de los rangos óptimos según los rangos establecidos por Clifford, (1992); Jory, (2000); Martínez-Córdova, y otros, (2003) La comunidad estuvo conformada por una extensa variedad de organismos, que incluyen naúplios de copépodos, copépodos adultos y rotíferos.

7.2.1 Cianofitas

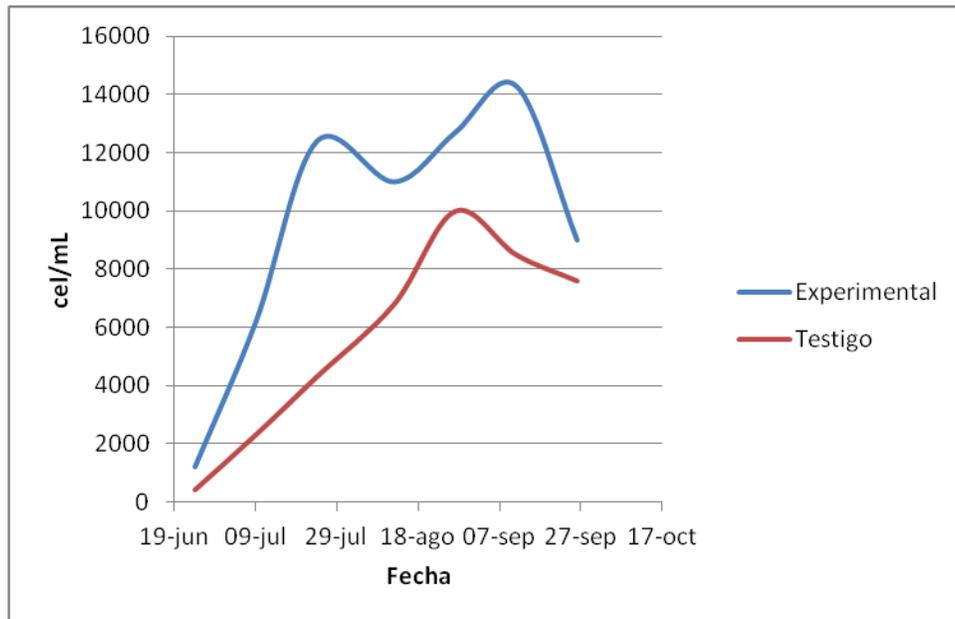


Figura No. 21. Dinámica de cianofitas en las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.2.2 Clorofitas

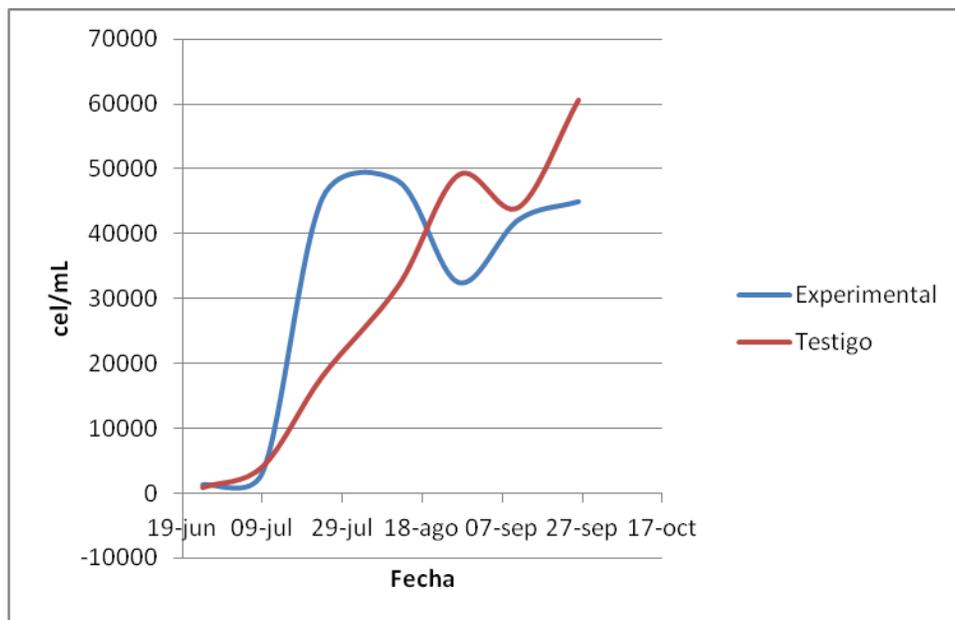


Figura No. 22. Dinámica de clorofitas en las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.2.3 Diatomeas

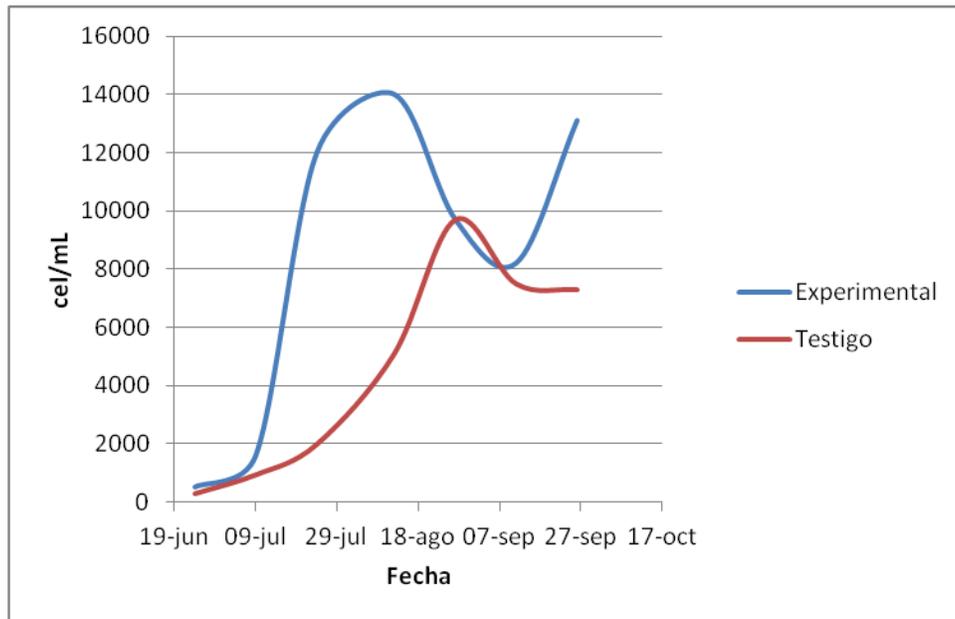


Figura No. 23. Dinámica de diatomeas en las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.2.4 Dinoflagelados

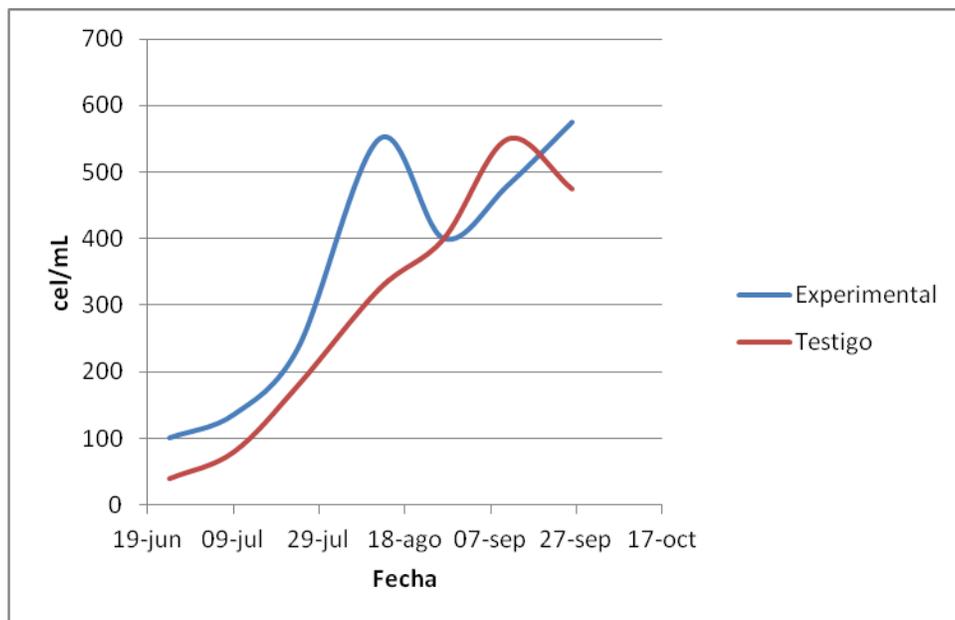


Figura No. 24. Dinámica de diatomeas en las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.2.5 Zooplancton

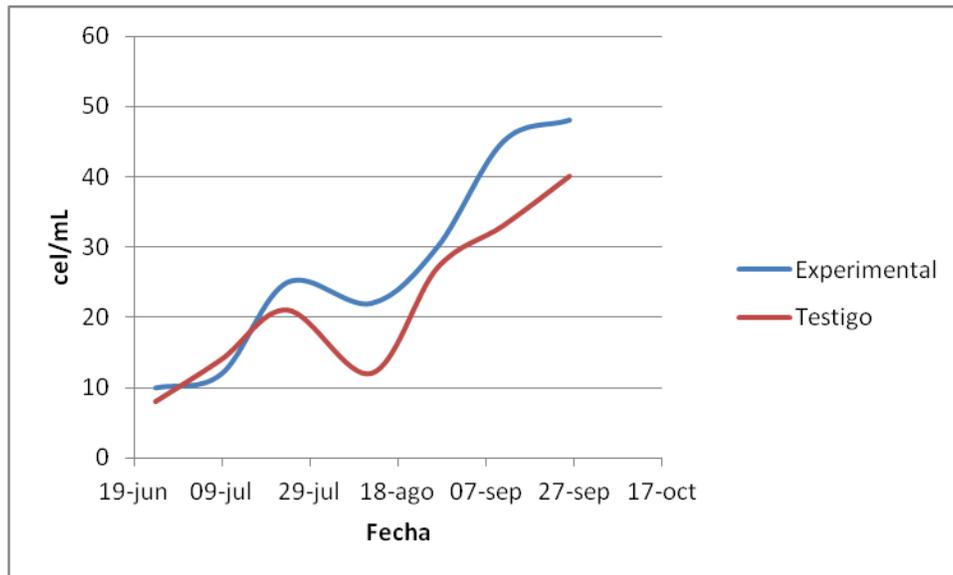


Figura No. 25. Dinámica de zooplancton en las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

7.3 Parámetros Biométricos

A continuación se muestran las tablas de datos y resultados generales de las unidades evaluadas respecto a la ganancia en peso semanal de los camarones, sobrevivencia, FCR y libras cosechadas; donde se pueden comparar el rendimiento de la unidad experimental versus la unidad testigo.

Cuadro No. 7. Datos y resultados generales de cultivo de la unidad experimental y testigo

Datos y resultados generales de cultivo					
Unidad experimental				Unidad testigo	
Fecha de Siembra	24/06/2015			24/06/2015	
Densidad	225 cam/m ²			225 cam/m ²	
Larva sembrada	720,000 cam			730,000 cam	
Total de alimento	21,000 Lb			21,500 Lb	
Sobrevivencia	77%			70%	
FCR	1.38			1.8	
Libras cosechadas	15,150			11,500	
Fecha	Semana #	Peso (g)	Ganancia semanal	Peso (g)	Ganancia semanal
24/07/2016	4	1.5	*	1	*
31/07/2015	5	2.2	0.7	1.7	0.7
07/08/2015	6	2.9	0.7	2.1	0.4
14/08/2015	7	4.1	1.2	3.5	1.4
21/08/2015	8	5.6	1.5	4.6	1.1
28/08/2015	9	8	2.4	6.3	1.7
04/09/2015	10	9.7	1.7	8	1.7
12/09/2015	11	11.3	1.6	9.4	1.4
19/09/2015	12	13.3	2	10.4	1

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

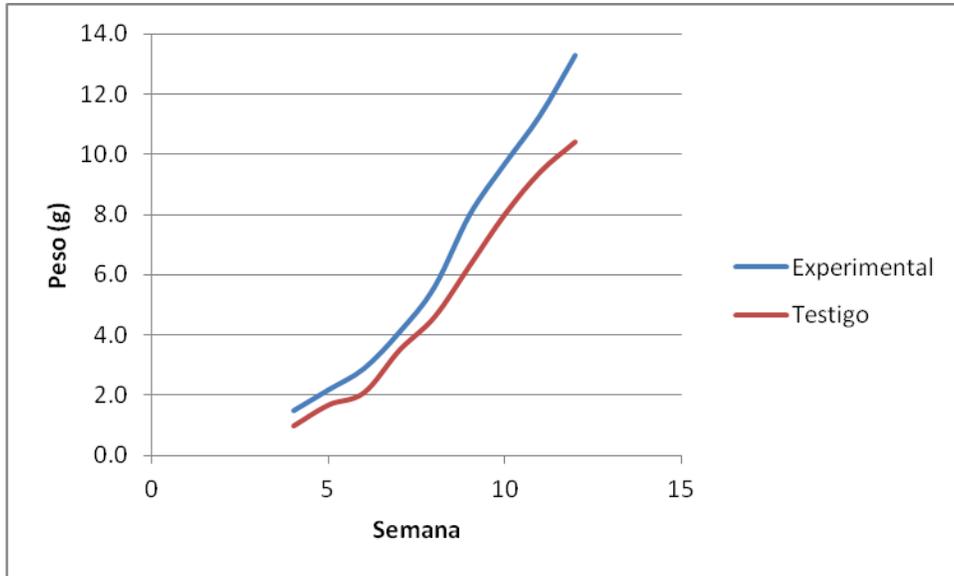


Figura No. 26. Dinámica de crecimiento de camarón a lo largo del ciclo de cultivo en las unidades evaluadas (Trabajo de campo, 2015)

Cuadro No. 8. Prueba de hipótesis para diferencia entre medias de pesos finales de camarón

Prueba de hipótesis para diferencia entre medias		
Con Melaza	Sin Melaza	
13.300	10.520	Media
0.573	0.463	Desviación estándar
15	15	n
	26	df
	2.7800	Diferencia (Con melaza-sin melaza)
	0.1903	Diferencia de error estándar
	0	Diferencia hipotética
	14.61	t
	4.77E-14	p-value
	2.3839	intervalo de confianza mínimo al 95 %
	3.1711	Intervalo de confianza superior al 95%
	0.3911	Margen de error

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Cuadro No. 9. Prueba de medias emparejadas para ganancia de pesos semanales de camarón

Prueba de medias emparejadas	
0.0000	Valor hipotético
6.5111	Media con melaza
5.2222	Media sin melaza
1.2889	Diferencia de medias (Con melaza - Sin melaza)
0.8177	Desviación Estándar
0.2726	Error estándar
9	N
8	df
4.73	t
.0015	p-value

Fuente: Trabajo de campo, 2015.

Al comparar los resultados de la unidad experimental contra los resultados de la unidad testigo se puede observar que la sobrevivencia es mayor en un 7% en la unidad experimental representando un total de 51,100 camarones; resultado de esta sobrevivencia son las alternativas de alimento natural para los diferentes estadios del camarón desarrolladas en base a la fuente de energía suministrada (melaza) al estanque así como la estabilidad de concentraciones de los parámetros fisicoquímicos en el agua reduciendo cambios de estrés en el organismo los cuales debilitan el sistema inmunológico del camarón dando lugar a posibles enfermedades.

El promedio del crecimiento semanal fue mayor en la unidad experimental a razón del 1.18g debido al aprovechamiento de las diferentes fuentes de alimento y la estabilidad del sistema fisiológico de los camarones debido a la estabilidad de calidad de agua, La fuente de carbono promueve diversas fuentes de alimento que impactan directamente en la nutrición de los camarones como lo son las algas, zooplancton, bacterias, y agregados de partículas de materia orgánica ricas en proteínas, lípidos, hidratos de carbono y el contenido de cenizas para su uso como alimento para la acuicultura (Cangrejo et al., 2010), pero se

necesita más investigación en su composición de aminoácidos y ácidos grasos; El resultado de los beneficios de las diferentes fuentes de alimento en la unidad experimental resultado del usos de melaza como fuente de carbono promedia un 2.78g de diferencia de crecimiento entre el experimental y testigo bajo las mismas características de cultivo.

El factor de conversión alimenticia fue menor en la unidad experimental resultado de fuentes de alimento natural como bien lo muestran las gráficas, la diferencia en libras cosechadas fue de 3600 a favor de la unidad experimental, según el análisis de prueba de hipótesis para diferencias entre medias de los pesos finales de los camarones y la prueba de medias emparejadas para la ganancia de pesos semanales se concluye que si hay una diferencia significativa en el crecimiento del camarón utilizando una dosis de 7kg/Ha de melaza en polvo como fuente de energía para mantener un equilibrio y disminuir las concentraciones de compuestos nitrogenados en el cultivo del camarón, por lo que se acepta la Hipótesis alterna donde H_1 . Si existe diferencia significativa en el comportamiento productivo del camarón entre estanques tratados con melaza en polvo y no tratados.

Haciendo una comparación de los datos generales de cultivo de las unidades en investigación se observa que las libras cosechadas en la unidad experimental fueron de 15,150 libras y la testigo 11,500 dando una diferencia de 3,650 libras, así mismo la experimental tuvo un factor de conversión alimenticia de 1.38 y la testigo de 1.8 contra una sobrevivencia de 77% en la experimental y 70% en la testigo, toda esta diferencia de beneficios a favor de la unidad experimental es el resultado de un buen manejo productivo por parte de encargados de finca y la implementación de nuevos productos (melaza) para fomentar el crecimiento de poblaciones de alimento vivo así como la degradación de compuestos nitrogenados por parte de poblaciones de bacterias estimuladas por una fuente de energía propiciando una estabilidad de parámetros fisicoquímicos aceptables para el cultivo de camarón.

8. CONCLUSIONES

- El uso de melaza en polvo como fuente de carbono fomenta una acuicultura sostenible con el medio ambiente, medio social e impacto en la rentabilidad de cultivo por el aprovechamiento de diversas fuentes de alimento vivo y la estabilidad de calidad de agua que reduce la huella hídrica que está relacionado directamente con el costo de bombeo.
- El uso de melaza en polvo en sistemas hiper-intensivos de camarón demuestra que si existe diferencia significativa entre el comportamiento de parámetros de producción aumentado sobrevivencia, biomasa y disminución de FCR.
- Se asume que con la adición de 7kg/ha de melaza en polvo como fuente de energía aumentan las concentraciones de bacterias heterotróficas las cuales influyen directamente en la degradación de materia orgánica y compuestos tóxicos promoviendo una estabilidad en la calidad de agua.
- El uso de melaza en polvo como fuente de carbono tiene un impacto en la estabilidad de parámetros fisicoquímicos y biológicos lo que a su vez se refleja en el buen crecimiento y sobrevivencia del camarón.

9. RECOMENDACIONES

- Incrementar el número de muestreos para determinar la dinámica de los parámetros evaluados en periodos de tiempo más cortos para ajustar dosis de melaza y fertilizantes según sea el caso.
- Seguir ampliando el campo de investigación respecto a la inclusión de melaza en polvo en sistemas intensivos de camarón ya que tiene un impacto directo en parámetros de cultivo, disminución de la huella hídrica para la producción de camarón y disminución de efluentes reduciendo el impacto a cuerpos de agua.
- Se recomienda que para la aplicación de una fuente de carbono a sistemas de acuicultura este siempre acompañada de una asesoría técnica y al mismo tiempo se capacite al acuicultor para la toma de decisiones técnicas en el desarrollo productivo.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Avnimelech, Y. (2007). Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*, 264,140–147.
2. Avnimelech, Y., Kochva, M., y Diab, S. (1994).Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. *Bamidgeh*, 46, 119–131
3. Azim, M., Little, D. C., y Bron, J. E. (2008). Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology* 99, 9, 3590-3599.
4. Boyd, C. (2000). *Consideraciones sobre la calidad de agua y del suelo en cultivos de camarón*. Estados Unidos: Department of Fisheries and Allied.
5. Crab, R. (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and futurechallenges. *Aquaculture*, 356-357, 351-356.
5. Emerenciano, M., Cuzon, G., Goguenheim, J., Gaxiola, G., y Aquacorp. (2011) *Flocontribution on spawning performance of blue shrimp Litopenaeus stylirostris*. United States: Aquac. Res.
6. Samocha, T. M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A. M., Burger, J. M., Almeida, R. V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D. L. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Engineering*, 36, 184–191.
7. Samocha, T. M., Patnaik, S., y Gandy, R. L. (2004). *Hetero trophic intensification of pond shrimp production: Book of abstract of Fifth International Conference on Recirculating Aquaculture*. Roanoke, Virginia.