

**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y
SUPERVIVENCIA DE CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei*, EN
SISTEMA HÍPER INTENSIVO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO**

FAVIO ANDRÉS NOGUERA MUÑOZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2018**

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE CAMARÓN BLANCO *Litopenaeus vannamei*, EN SISTEMA HÍPER INTENSIVO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

FAVIO ANDRÉS NOGUERA MUÑOZ

Informe final de trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Producción Acuícola

Director

ÁLVARO JAVIER BURGOS ARCOS
Zoot, M.Sc., Ph.D Biotecnología

Codirector

SERGIO GUSTAVO CASTILLO VARGASMACHUCA
Ing, M.Sc., Ph.D Ciencias Biológicas agropecuarias.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2018

“Las ideas y conclusiones aportadas en esta tesis de grado son responsabilidad exclusiva de su autor”.

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

ÁLVARO JAVIER BURGOS ARCOS

Zoot, M.Sc., Ph.D Biotecnología

Director

SERGIO GUSTAVO CASTILLO VARGASMACHUCA

Ing, M.Sc., Ph.D Ciencias Biológicas agropecuarias.

Codirector

MARIO DAVID DELGADO GÓMEZ

Ing. Producción Acuícola; Mg en Ingeniería Ambiental

Jurado delegado

JAIME RODRÍGUEZ

Ing. Producción Acuícola

Jurado

San Juan de Pasto, Junio de 2018.

AGRADECIMIENTOS

ÁLVARO BURGOS ARCOS	Zootecnista, M.sc.,Ph.D Acuaculture Biotechnology, Universidad de Nariño. Director
SERGIO CASTILLO VARGASMACHUCA	Ing, M.Sc., Ph.D Ciencias Biológicas agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. Codirector.
JAIME RODRÍGUEZ SÁNCHEZ	Ing. Producción Acuícola. Universidad de Nariño. Jurado.
MARIO DAVID DELGADO GÓMEZ	Ing. Producción Acuícola; Mg en ingeniería Ambiental Universidad de Nariño. Jurado.
CLARO RAÚL DE LOS SANTOS Ing. Pesquero, Estudiante de Maestría Ciencias Biológicas	Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit.
DELIA RODRÍGUEZ OLAGUE Ing. Pesquero, Estudiante de Maestría Ciencias Biológicas	Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit.
EULALIO ARÁMBUL MUÑOZ	Estudiante de Doctorado Ciencias Biológicas Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit.
LUÍS ALFONSO SOLARTE PORTILLA	Zootecnista. Esp. Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño
PIEDAD MEJÍA SANTACRUZ	Secretaria del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño

A los demás profesores, estudiantes y funcionarios de la Universidad de Nariño y la Universidad Autónoma de Nayarit, que contribuyeron a la ejecución de este proyecto

DEDICATORIA

Dedicado a:

Principalmente a Dios y a la vida, por darme la oportunidad de escribir una página de su libro, por permitirme cumplir este sueño, expandir mis conocimientos y plantear nuevas metas, las cuales se convertirían el motor de inspiración para luchar día a día.

A mi familia, mi madre Oliva Muñoz, quien me ha dado todo su apoyo incondicional durante en el transcurso de este proceso, a mi padre Francisco Noguera que me ha enseñado a ser fuerte y trabajar día a día para cumplir las metas proyectadas, mis hermanos Jairo, Janeth, Armando, Leidy y Eduard que de una u otra forma estuvieron siempre presentes apoyándome cuando más los necesitaba.

A mis amigos, Dios me dio la oportunidad de conocer a grandes personas las cuales han estado en las buenas y en las malas a todos ellos muchas gracias.

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de tres densidades de siembra sobre el crecimiento y supervivencia del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, cultivados en estanques circulares recubiertos por geomembrana de alta densidad (HDPE) de 35 m³ de capacidad. Se sembraron postlarvas (PL17) con peso promedio de 4,8 mg, en tres tratamientos a densidades experimentales de 700 PL/m³ (T1), 500 PL/m³ (T2) y 300 PL/m³ (T3) por triplicado, el peso promedio individual de cosecha fue de 6,04±0,20 g, 6,57±0,42 g y 9,0±0,43 g respectivamente, en un ciclo de cultivo de 98 días, la temperatura promedio del agua de cultivo fue de 26,2 °C y salinidad de 35,5 ppt. Se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en las variables Incremento de Peso (IP), Tasa Específica de Crecimiento (TEC) y Factor de Conversión Alimenticia (FCA), la supervivencia no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$). El IP expresado en rendimientos productivos obtenidos en los tres tratamientos fue de 3,19±0,10 Kg/m³, 2,74±0,35 Kg/m³ y 2,28±0,15 Kg/m³, correspondientes a alta, media y baja densidad. Los resultados indican que la supervivencia no es afectada por la densidad de siembra. Mientras que el IP, FCA y TEC fueron inversamente proporcionales a la densidad de siembra y el rendimiento productivo fue directamente proporcional. En cuanto a los parámetros de calidad del agua, el oxígeno, pH, nitrógeno amoniacal total y los nitritos presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$), mientras que la temperatura, salinidad, nitratos y alcalinidad no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre tratamientos, sin embargo todos estos se mantuvieron dentro de lo recomendado para esta especie.

ABSTRACT

The present investigation evaluated the effect of three stocking densities on the growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei*, cultivated in circular ponds covered with high density geomembrane (HDPE) of 35 m³ capacity. Post-larvae (PL17) with average weight were sown of 4,8 mg, in three treatments at experimental densities of 700 PL/m³ (T1), 500 PL/m³ (T2) and 300 PL/m³ (T3) in triplicate, the average individual weight of harvest was 6,04±0,20 g, 6,57±0,42 g and 9,0±0,43 g respectively, in a 98 days culture cycle. The average temperature of the culture water was 26,2 °C and salinity of 35,5 ppt. Statistical differences were found ($p < 0,05$), in the variables Weight Increase WI, Specific Growth Rate SGR and Feed Conversion Factor FCF, survival did not present significant differences ($p > 0,05$). The IW expressed in productive yields obtained in the three treatments were 3,19±0,10 Kg/m³, 2,74±0,35 Kg/m³ and 2,28±0,15 Kg/m³, corresponding to high, medium and low density. The results indicate that survival is not affected by stocking density. The WI, FCF and SGR were inversely proportional to the stocking density, while the productive performance is directly proportional. Terms of water quality parameters, Oxygen, pH, Total Ammonia Nitrogen and nitrites showed statistical differences between treatments ($p < 0,05$), while temperature, salinity, nitrates and alkalinity did not show statistical differences ($p > 0,05$) between treatments, however these remained within the recommended range of this species.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	15
2	OBJETIVOS	17
2.2	OBJETIVO GENERAL.....	17
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3	MARCO TEÓRICO.....	18
3.1	GENERALIDADES DE LA ESPECIE	18
3.1.1	Clasificación taxonómica.....	18
3.1.2	Anatomía externa e interna	18
3.1.3	Hábitat	19
3.1.4	Alimentación y nutrición.....	19
3.2	SISTEMAS DE CULTIVO	21
3.2.1	Sistemas extensivos y semi-intensivos	21
3.2.2	Sistemas intensivos e hiper-intensivos.....	21
3.3	TECNOLOGÍAS EN ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA DE CAMARÓN.....	23
3.3.1	Tecnología del biofloc (BFT).....	23
3.3.2	Sistemas heterotróficos	23
3.4	CALIDAD DEL AGUA.....	23
3.5	RELACIÓN COSTO-BENEFICIO	25
3.5.1	Potencial del camarón en cultivo	26
4	MATERIALES Y MÉTODOS	27
4.1	LOCALIZACIÓN	27
4.2	INSTALACIONES, MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS.....	27
4.2.1	Instalaciones.....	27
4.2.2	Materiales.....	28
4.2.3	Equipos	28
4.2.4	Insumos.....	29
4.3	MATERIAL BIOLÓGICO	29
4.4	PERIODO DE ESTUDIO	29
4.5	ADECUACIÓN DE INSTALACIONES	29
4.5.1	Lavado y desinfección	29
4.5.2	Maduración del agua.....	29
4.5.3	Activación de probiótico.....	30
4.6	PLAN DE TRABAJO.....	30
4.6.1	Siembra de las postlarvas.....	30
4.6.2	Alimentación	32
4.6.3	Biometrías	33
4.6.4	Muestreo de calidad del agua	34
4.6.5	Control sanitario	34
4.6.6	Análisis parcial de costos	35
4.7	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
4.7.1	Formulación de hipótesis.....	36

4.7.2	Variables evaluadas.....	36
4.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
4.8.1	Análisis de variables productivas.....	38
4.8.2	Análisis de variables de calidad del agua.....	38
5	RESULTADOS.....	39
5.1	VARIABLES PRODUCTIVAS.....	39
5.1.1	Incremento de Peso IP.....	39
5.1.2	Tasa Específica de Crecimiento TEC.....	39
5.1.3	Factor de Conversión Alimenticia FCA.....	39
5.1.4	Supervivencia.....	40
5.2	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	40
5.2.1	Temperatura.....	41
5.2.2	Oxígeno Disuelto OD.....	41
5.2.3	Salinidad.....	42
5.2.4	pH.....	43
5.2.5	Nitrógeno Amoniacal Total TAN.....	43
5.2.6	Amonio no ionizado (NH ₃).....	43
5.2.7	Nitrito (NO ₂).....	44
5.2.8	Nitratos (NO ₃).....	44
5.2.9	Alcalinidad (CaCO ₃).....	45
5.3	ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS.....	45
6	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
6.1	VARIABLES PRODUCTIVAS.....	47
6.1.1	Incremento de Peso IP.....	47
6.1.2	Tasa Específica de Crecimiento TEC.....	48
6.1.3	Factor de Conversión Alimenticia FCA.....	49
6.1.4	Supervivencia.....	50
6.2	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	51
6.2.1	Temperatura.....	51
6.2.2	Oxígeno Disuelto OD.....	52
6.2.3	Salinidad.....	53
6.2.4	pH.....	54
6.2.5	Alcalinidad.....	54
6.2.6	Nitrógeno Amoniacal Total TAN.....	55
6.2.7	Nitritos y Nitratos.....	56
6.3	RELACIÓN COSTO BENEFICIO.....	57
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
7.1	CONCLUSIONES.....	60
7.2	RECOMENDACIONES.....	61
8	BIBLIOGRAFÍA.....	62
9	ANEXOS.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Camarón blanco <i>Litopenaeus vannamei</i>	19
Figura 2. Laboratorio de Bioingeniería Costera.	27
Figura 3. Esquema del sistema de evaluación del proyecto.	28
Figura 4. Maduración del agua de cultivo.	30
Figura 5. Prueba de estrés	31
Figura 6. Conteo de postlarvas	31
Figura 7. Siembra en las unidades de cultivo	32
Figura 8. Alimentación en comederos.....	33
Figura 9. Determinación de peso	33
Figura 10. Toma de parámetros de calidad del agua.....	34
Figura 11. Análisis en fresco.....	35
Figura 12. Temperatura del agua durante el ciclo de cultivo.	41
Figura 13. Comportamiento del oxígeno durante el ciclo de cultivo.....	42
Figura 14. Comportamiento de la salinidad durante el ciclo de cultivo	42
Figura 15. Comportamiento del pH durante el ciclo de cultivo.....	43
Figura 16. Comportamiento del TAN durante el ciclo de cultivo.	43
Figura 17. Comportamiento del (NH ₃) durante el ciclo de cultivo.....	44
Figura 18. Comportamiento del nitrito (NO ₂) durante el ciclo de cultivo.....	44
Figura 19. Comportamiento de nitratos (NO ₃) durante el ciclo de cultivo	45
Figura 20. Comportamiento de la alcalinidad (CaCO ₃) durante el ciclo de cultivo ..	45
Figura 21. Incremento de peso en los tres tratamientos propuestos.	47
Figura 22. Rendimiento productivo	48
Figura 23. Tasa específica de crecimiento durante el ciclo de cultivo.	49
Figura 24. Factor de conversión alimenticia.	50
Figura 25. Supervivencia de camarón blanco	51
Figura 26. Comportamiento de la temperatura durante el ciclo de cultivo.	52
Figura 27. Comportamiento del oxígeno durante el ciclo de cultivo.....	53
Figura 28. Comportamiento de la salinidad en los tratamientos evaluados	53
Figura 29. Comportamiento del pH en los tratamientos evaluados.....	54
Figura 30. Comportamiento de la alcalinidad en los tratamientos evaluados	55
Figura 31. Comportamiento del TAN en los tratamientos evaluados	56
Figura 32. Comportamiento del nitrito en los tratamientos evaluados.	56
Figura 33. Comportamiento del nitrato en los tratamientos evaluados.	57
Figura 34. Gastos de producción para todos los tratamientos evaluados.....	57
Figura 35. Costos de producción de un Kg de biomasa de camarón.....	58
Figura 36. Ingresos netos por venta de camarón por tratamiento.....	58

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de camarón blanco <i>L. vannamei</i>	18
---	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de camarón blanco <i>L. vannamei</i>	20
Tabla 2. Sistemas de cultivo de camarón blanco.....	21
Tabla 3. Parámetros de calidad del agua para camarón <i>L. vannamei</i>	24
Tabla 4. Tratamientos y réplicas del experimento propuesto.....	35
Tabla 5. Peso promedio por tratamiento.....	39
Tabla 6. Tasa específica de crecimiento por tratamiento.....	39
Tabla 7. Factor de conversión alimenticia.....	40
Tabla 8. Supervivencia por tratamiento.	40
Tabla 9. Parámetros de calidad del agua	41
Tabla 10. Costos generados en el ciclo de cultivo.....	46
Tabla 11. Análisis costo beneficio.....	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Siembra de postlarvas PL17.	67
Anexo B. Balanceado consumido durante el ciclo de cultivo.	67
Anexo C. Incremento de peso durante el ciclo de cultivo	68
Anexo D. Parámetros de calidad agua.	68
Anexo E. Insumos.	73
Anexo F. Precios insumos.	73
Anexo G. Consolidado de cosecha 1.	74
Anexo H. Consolidado de cosecha 2.	74
Anexo I. Análisis estadísticos.	75
Anexo J. Análisis paramétricos.	76
Anexo K. Análisis no paramétricos.	77

GLOSARIO

ALIMENTO VIVO: conjunto de organismos micro y macroscópicos ricos en nutrientes que son utilizados para las primeras alimentaciones otros animales que no consumen alimentos artificiales.

CO-CULTIVO: es la técnica de cultivo que consiste en mezclar varios tipos de cultivos de células (bacterias) para permitir interacciones sinérgicas o antagonistas, con el fin de realizar un trabajo en conjunto.

DENSIDAD DE SIEMBRA: número de postlarvas de camarón que se colocan por unidad de volumen, en sistemas de producción extensivos y semi-intensivos se habla de camarones/m² y en sistemas intensivos e hiper-intensivos se maneja el término camarones/m³.

MELAZA: sustancia espesa, dulce y de color oscuro residuo de la cristalización del azúcar de caña, en acuicultura es utilizada como fuente de carbono para microorganismos heterótrofos.

MESO-COSMOS: conjunto de microorganismos (microalgas, bacterias, protozoarios, ciliados, entre otros) que crecen y se reproducen de forma natural en agua con nutrientes necesarios para la proliferación de éstos.

POSTLARVA: es una fase del ciclo de vida del camarón que es posterior a mysis y es cuando adquiere la apariencia morfológica de un camarón adulto.

RENDIMIENDO PRODUCTIVO: es la cantidad de biomasa cosechada por unidad de área o volumen, está en función del peso promedio de cosecha, la densidad de siembra su respectiva supervivencia, generalmente se la expresa como Ton/Ha y Kg/m³.

1.INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas ONU¹, la población mundial en el año 2015 fue alrededor de 7,3 billones y se espera que esta cifra ascienda a más de 8,5 billones para el 2030. Este incremento acelerado obliga a los sistemas de producción de alimentos cubrir la creciente demanda, especialmente en aquellos dedicados a producir alimentos de alta calidad en cuanto a proteínas. En este mismo sentido la Food and Agriculture Organization FAO² afirma que la acuicultura mundial ha crecido significativamente en los últimos 60 años con un crecimiento promedio anual de 8,7%, para el año 2014 la producción acuícola se situaba en aproximadamente 74 millones de toneladas de las cuales el 67,2% correspondieron a peces, 21,7% a moluscos, 9,3% a crustáceos y 1,39 a otras especies, se presuponía que toda era para uso alimentario, mientras que en la producción de la pesca es poco probable que se produzcan aumentos por la alta tasa de captura y las practicas insostenibles de la actividad de extracción que no permiten que se recupere el recurso.

De acuerdo con la FAO³ en cuanto a la industria camaronera, se observa que en los últimos 20 años la producción mundial pasó de 837.790 toneladas en el año 1991 a 4.327.520 toneladas en el año 2012. Según la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura CONAPESCA⁴, México ocupa el noveno puesto a nivel mundial en producción de camarón de cultivo, pasando de producir 35.000 toneladas en el año 1990 a 86.950 toneladas en el año 2014. Así mismo, Martínez-Córdova et al⁵ señalan que la principal especie de cultivo es el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, el cual se ha desarrollado notablemente a partir de 1985, principalmente en los estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit.

Por otra parte, Tacón⁶ manifiesta que estas explotaciones generalmente se realizan en sistemas extensivos y semi intensivos, los cuales requieren de grandes áreas de espejo de agua y que generalmente coinciden con zonas de manglar, generando un impacto negativo al ambiente, dichas producciones se abastecen de cuerpos de agua que sufren alto grado de contaminación antropogénica, por otro lado los costos de producción son elevados y existe un bajo control sobre las variables productivas.

¹ ONU (2015). The World Population Prospects. Report. U. N. D. o. E. a. S. Affairs.

² FAO (2016). "El estado mundial de la pesca y la acuicultura: contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos." Roma: 224.

³ FAO (2014). "Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura, Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura." Roma.

⁴ CONAPESCA (2014). "Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Secretaría de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentos." Mexico D.F.

⁵ MARTÍNEZ-CÓRDOVA, M. M. P. y. E. C. J. (2009). Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o industria contaminante? Revista internacional de contaminación ambiental. Scielo. 25.

⁶ TACON, A. G. J. (2002). Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. . Published by the Consortium.

Por lo tanto, en la actualidad es necesaria la innovación biotecnológica mediante métodos de producción como la Tecnología del Biofloc (BFT) Watsilesky⁷, sistemas heterotróficos Hernández Gurrola⁸, Sistemas de Recirculación Acuícola (RAS) Timmons⁹, Sistemas Acuapónicos, Alarcón Silva¹⁰, como denominador común estos métodos de producción pretenden aumentar las densidades de siembra, reducir los recambios de agua, disminuir las áreas de producción, controlar los factores ambientales y finalmente reducir los costos de producción. Estos sistemas al funcionar con cero o bajos recambio de agua, evitan la eutrofización aguas abajo, disminuye el riesgo de propagación de enfermedades y existe mayor control de los parámetros de calidad del agua, siendo amigables con el ambiente.

Es así como el presente trabajo evaluó el efecto de la densidad de siembra en sistemas hiper-intensivos, sobre el crecimiento y supervivencia de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, bajo invernadero, encontrando que la densidad no influye sobre la supervivencia, pero sí sobre el incremento de peso, tasa específica de crecimiento y factor de conversión alimenticia, sin embargo se evidenció una relación directa en cuanto al rendimiento productivo llegando a producir hasta 32 Ton/Ha/ciclo, con las más altas densidades evaluadas.

⁷Jr., W. W. (2006). "Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*." Rio Grande, Brazil in Waddell Mariculture Center – SC, Department of Natural Resources P.O. Box 258.

⁸ GURROLA, J. A. H. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado.

⁹ TIMMONS, M., et al. (2002). Sistemas de recirculación para la acuicultura.

¹⁰ SILVAS, G. A. (2013). Calidad del agua y balance de nutrientes (N y P) en el cultivo integrado de camarón blanco (*litopenaeus vannamei*), tomate (*lycopersicon esculentum*) y lechuga (*lactuca sativa*) utilizando agua de baja salinidad y cero recambio. posgrado en ciencias del mar y limnología, universidad nacional autónoma de México.

2 OBJETIVOS

2.2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en sistema hiper-intensivo bajo condiciones de laboratorio.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de tres densidades de siembra 700 PL/m³, 500 PL/m³ y 300 PL/m³ sobre Incremento de Peso (IP), Tasa Específica de Crecimiento (TEC), Factor de Conversión Alimenticia (FCA) y la Supervivencia de camarón blanco *L. vannamei*.
- Describir el comportamiento de los parámetros de la calidad del agua durante el ciclo de cultivo de los tratamientos propuestos.
- Realizar un análisis parcial de costos de los tratamientos evaluados.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

3.1.1 Clasificación taxonómica. De acuerdo con Fabricio¹¹ el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, es un invertebrado marino que se encuentra agrupado dentro de los artrópodos, subfilo crustáceo y pertenece a la familia Penaeus, como se observa en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de camarón blanco *L. vannamei*.

Phylum	Artrópoda
Clase	Crustacea
Subclase	Malacostrácea
Serie	Eumalostraca
Suborden	Eucarida
Orden	Decapada
Suborden	Natantia
Sección	Penaeidae
Familia	Penaeidae
Subfamilia	Penaeidae
Género	<i>Litopenaeus</i>

3.1.2 Anatomía externa e interna. Rupperty y Barnes afirma que:

Se caracteriza por poseer un tronco compuesto por 14 segmentos más el telson de los cuales los ocho primeros forman el tórax y los últimos seis el abdomen; todos los segmentos presentan apéndices, los que se encuentran en el abdomen anterior son llamados pleópodos y los que se encuentran en la parte posterior se llaman periopodos son usados para caminar en el fondo. El cuerpo tiene a ser cilíndrico o comprimido lateralmente, tiene un cefalotórax definido y porta un rostro aserrado. Posee un exoesqueleto conformado por quitina que suele ser delgado y flexible, figura 1. En cuanto a su aparato digestivo éste se ensancha a lo largo del dorso para formar una glándula digestiva llamada hepatopáncreas que secreta enzimas digestivas. El cordón nervioso se extiende a lo largo del vientre. Su órgano excretor es la glándula antenal que lanza al medio exterior sustancias de desecho. El sistema circulatorio es abierto, y compuesto por vasos sanguíneos que transportan la hemolinfa la cual posee cobre y transporta el oxígeno, por la que desarrolla un color azulado, el oxígeno y el dióxido de carbono es trasportando desde y hasta las branquias de donde se realiza el intercambio gaseoso¹²

¹¹ FABRICIO, B. (2000). Los peneidos en la acuicultura semi-intensiva, departamento de investigaciones del litoral.

¹² RUPPERTY, E. Y. B. D. (1996). "Zoología de los invertebrados." Mc. Grae-Gill: 683.

Figura 1. Camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.



Vielka, M., y Cuellar, J., (2008) Guía técnica patología e inmunología de camarones penaeidos. Panama

3.1.3 Hábitat. De acuerdo con Ramos¹³ “el camarón blanco es nativo de la costa oriental del Océano Pacífico, desde Sonora, México al Norte, hacia Centro y Sudamérica hasta Tumbes en Perú, en aguas cuya temperatura es normalmente superior a 20 °C durante todo el año. Esta especie se encuentra en hábitats marinos tropicales. Los adultos viven y se reproducen en mar abierto, mientras que la postlarva migra a las costas a pasar la etapa juvenil, la etapa adolescente y pre adulta en estuarios, lagunas costeras y manglares”

3.1.4 Alimentación y nutrición. Cuando se habla de sistemas extensivos basta con añadir a los estanques nutrientes inorgánicos en forma de fertilizantes para incrementar el crecimiento de fitoplancton, pero las fuentes naturales de alimento no son suficientes para soportar producciones intensivas y/o híper-intensivas por lo que hace falta añadir alimento balanceado, que cumpla sus requerimientos nutricionales¹⁴. Estos balanceados están elaborados principalmente por fuentes energéticas de origen vegetal y fuentes proteicas de origen animal, la harina de pescado es considerada como el ingrediente principal en la alimentación de camarón marino porque contiene el balance adecuado de niveles de aminoácidos, ácidos grasos, vitaminas, minerales y palatabilidad Suárez et al 2009 en Bauer et al¹⁵.

¹³ RAMOS, C. (2012). "Aspectos biológicos y poblacionales del camarón blanco *litopenaeus vannamei* (boone 1931), durante la veda de 2006 en el golfo de tehuantepec, México." Instituto Nacional de Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera Salina Cruz. Prol. Playa Abierta s/n, Col. Miramar, CP 70680, Salina Cruz, Oaxaca, México.

¹⁴ SILVAS, G. A. (2013). Calidad del agua y balance de nutrientes (n y p) en el cultivo integrado de camarón blanco (*litopenaeus vannamei*), tomate (*lycopersicon esculentum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) Utilizando agua de baja salinidad y cero recambio. posgrado en ciencias del mar y limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

¹⁵ BAUER, W. (2012). "Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*." *Aquaculture* 342-343: 112-116.

Después de la eclosión, los nauplios se alimentan de una reserva vitelina, una vez terminada esta reserva se alimentan con fitoplancton o con micro encapsulados específicos, el tamaño o diámetro de este alimento debe de coincidir con su abertura bucal. Las algas mono específicas más utilizadas son *Chaetoceros gracilis* y *Tetraselmis spp*¹⁶. Según Molina¹⁷ para la etapa de juveniles utilizan en su alimentación material vegetal, ya sea directamente, a través de las presas o en los detritos. Fases de engorde se recomienda para la especie *L. stylirostris* un contenido proteico mayor a 35% y para la especie *L. vannamei* mayores a 25% de proteína con una relación proteína animal: vegetal de 1:1.

En cuanto a los requerimientos nutricionales del camarón, Molina Poveda¹⁸ afirma que las proteínas son los componentes más importantes del cuerpo de los animales, que representan el 65% al 85% del peso de los peces y camarones, su calidad está determinada por el perfil de aminoácidos esenciales, dado que los peces y camarones tienen una capacidad limitada para sintetizar proteínas a una tasa que se requiere para promover el crecimiento máximo, por lo tanto, la proteína debe ser adquirida a través del alimento que se consume. En la tabla 1, se ilustra la los requerimientos de proteína para el camarón blanco *L. vannamei* según su fase de desarrollo de acuerdo a diferentes autores.

Tabla 1. Requerimientos nutricionales de camarón blanco *L. vannamei*.

Especies	Estadio	Requerimiento (%) PB	Referencias
<i>Litopenaeus vannamei</i>	Zoea	30	Durruty et al., 2000
	Mysis	50	Durruty et al., 2000
	Postlarva	20-25	Velasco et al., 2000
	Postlarva	30-35	Colvin y Brand, 1977
	Juvenil	32	Kureshy y Davis, 2002
	Juvenil	40	Pedrazzoli et al., 1998
	Juvenil	30	Cousin et al., 1991
	Juvenil	>36	Smith et al., 1985
	Juvenil	15	Lawrence 1993

Molina Poveda 2016

También es necesario la inclusión de lípidos que son la fuente de energía más concentrada de nutrientes, teniendo 2,25 veces más energía por unidad de peso de las proteínas y carbohidratos. Sin embargo, un limitado rango de energía puede ser usado en camarones porque niveles de lípidos en la dieta mayores a 12% producen disminución en el crecimiento¹⁹. El uso de hidratos de carbono se justifica

¹⁶ Ibid.

¹⁷ MOLINA, C. y. V., Humberto (2008). "Estrategias de Alimentación en la etapa de engorda del camarón,." La Paz, B.C.S., México.

¹⁸ POVEDA, C. A. M. (2015). Evaluación de varias fuentes de proteína vegetal en dietas para el camarón *Litopenaeus vannamei*, Universitat Politecnica de Valencia.

¹⁹ Ibid.

porque son la fuente más barata de energía dietaria en la naturaleza y su inclusión en los alimentos conducen a mejorar el crecimiento y la tasa de conversión del alimento, y por sus propiedades aglutinantes (almidón gelatinizado, alginatos, gomas), los cuales reducen los finos en los alimentos pelletizados y extruidos.²⁰

3.2 SISTEMAS DE CULTIVO

De acuerdo con Tacón 2002 en Hernández Gurrola²¹ los sistemas de cultivo se pueden clasificar en:

3.2.1 Sistemas extensivos y semi-intensivos. En los sistemas extensivos se utiliza un bajo o nulo recambio de agua, bajas densidades de siembra, no se provee aireación artificial, se aplica muy poca o nula fertilización y alimentación suplementaria, estos tipos de sistemas tienden a producir bajos rendimientos. Sistemas semi-intensivos con un recambio de agua de 5% a 20%/día algunas granjas utilizan aireación ocasional y es necesaria una alimentación suplementaria así como fertilizaciones regularmente.

3.2.2 Sistemas intensivos e híper-intensivos. Los sistemas intensivos constan de estanques pequeños ya sea de tierra o recubiertos con membrana plástica. Se caracterizan por hacer uso de una alta tasa de recambio de agua (20-100%/día). se utiliza aireación continua (24 h), alimentación suplementaria y fertilización constante y finalmente sistemas híper-intensivos este tipo de sistemas se llevan a cabo principalmente en tanques de concreto o plástico, o en estanques pequeños recubiertos con geomembrana plástica en invernaderos. Se manejan altas densidades de siembra y debido a la eficiencia en la remoción del nitrógeno inorgánico es posible reducir e incluso eliminar el recambio de agua. Los costos de alimentación disminuyen más del 25% al utilizar la biomasa microbiana como fuente de proteína, ve tabla 2.

Tabla 2. Sistemas de cultivo de camarón blanco.

²⁰ Ibid.

²¹ Gurrola, J. A. H. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado.

Sistemas de cultivo	Densidad Camarón/m ²	Área Ha	Producción Ton/Ha
Extensivos	< 5	Hasta 100	<0,5
Semi-intensivos	11-25	1-20	5
Intensivos	40-140	0,1-2	15
Híper-intensivos	>200	<1	80

Hernández Gurrola 2016

Estudios recientes demuestran la viabilidad de manejar altas densidades de siembra en pre-cría con resultados exitosos Aragón et al²², Silva et al²³, sin embargo en fase de engorde se ha evidenciado una correlación negativa entre densidades de siembra e incremento de peso y supervivencia, y una correlación directa entre la densidad y la productividad en sistemas semi-intensivos Quesada et al²⁴, Krishna et al²⁵, Maia et al²⁶, similares resultados se han reportado en sistemas intensivos con cultivos en agua dulce Araneda et al²⁷ y Valenzuela Quiñones²⁸

Estudios realizados por Samocha²⁹ demuestran la viabilidad del cultivo de camarón blanco *L. vannamei*, en densidades de 20.000 PL/m² para fases larvianas y 350 PL/m² en fase de engorde con un rendimiento de 2,22 kg/m² y 4,39 kg/m² respectivamente usando agua subterránea de baja salinidad. Por su parte Zhen³⁰ comprobó que al cultivar juveniles de camarón a una densidad de siembra de 300 PL/m² y diferentes métodos de cultivo, las variables de respuesta de calidad del agua y variables zootécnicas varían significativamente, presentando

²² ARAGÓN (1999). "Pre-cría intensiva de Camarón blanco *Penaeus vannamei* (BOONE, 1931) a bajas temperaturas." Rev. Invest. Mar. 20 (1-3).

²³ SILVA, E. (2015). "Influence of stocking density on the zootechnical performance of *Litopenaeus vannamei* during the nursery phase in a biofloc system." Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 41(esp.): : 777 – 783.

²⁴ MARQUEZ (2012). ". Effect of stocking density on zootechnical parameters of shrimp *Litopenaeus schmitti* culture,." Boletim do instituto de Pesca Sao Paulo.: 145–153.

²⁵ KRISHNA P. V., e. a. (2015). "Growth, Survival and Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* at different stocking densities under semi intensive culture systems in Andhra Pradesh." International Journal of Advanced Research: 446-452.

²⁶ MAIA E. P., e. a. (2016). "Growth, survival and production of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture system. Pesquisa Agropecuária Pernambucana." 15-19.

²⁷ ARANEDA, M. e. a. (2008). "White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: Conditionstate based on length and weight. Aquaculture ": 283

²⁸ Wenceslao Valenzuela Quiñonez, G. R. Q. y. H. M. E. L. (2010). Cultivo intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (BOONE) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. Mexico D.F, Ra Ximhai. 6: 1-8.

²⁹ SAMOCHA, T. M. (2013). "Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in High-Density Greenhouse- Enclosed Raceways Using Low Salinity Groundwater." Journal of Applied Aquaculture: 15:13-14, 11-19.

³⁰ MA ZHEN, e. a. (2013). "The Effect of Three Culture Methods on Intensive Culture System of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013: 7.

correlación positiva a la mejor calidad del agua. Resultados similares encontró Shan³¹ al evaluar diferentes sustratos para el cultivo de juveniles de camarón blanco, concluyendo que la calidad del agua es el factor principal al trabajar con camarón blanco en altas densidades.

3.3 TECNOLOGÍAS EN ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA DE CAMARÓN

3.3.1 Tecnología del biofloc (BFT). De acuerdo con Wang³² la tecnología biofloc consiste en un sistema con cero recambios de agua, aireación continua y mezcla permanente, favoreciendo la dominancia de poblaciones de microorganismos heterotróficos (bacterias, flagelados, ciliados, protozoarios) este sistema tiene como objetivo reducir el impacto ambiental por las descargas generadas, gracias a que los microorganismos ahí presentes son capaces de asimilar los compuestos nitrogenados originados por la excreción de los camarones y el alimento lixiviado, favoreciendo así la calidad del agua de los cultivos y aumentando la densidad de producción a un costo económico bastante viable.

3.3.2 Sistemas heterotróficos. De acuerdo Hernández Gurrola³³ esta tecnología utiliza el co-cultivo de bacterias y demás microorganismos heterótrofos creciendo en flóculos bajo condiciones controladas en el estanque. Esta biomasa microbiana crece con alimento no consumido, excreta de los camarones, productos inorgánicos nitrogenados resultando en una reducción de estos compuestos no deseados en el agua. Estos sistemas se basan en el cuidadoso balance entre los organismos autótrofos y heterótrofos en el estanque, el cual debe ser en el orden de 30-40% autótrofos y 60-70% heterótrofos. Estos organismos van a crear un micro-floc que es un agregado de materia compuesta por microalgas y bacterias, detritus y protozoarios, los cuales van a controlar la calidad del agua al convertir el alimento no consumido, plancton muerto, y heces de camarón en compuestos no tóxicos³⁴.

3.4 CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es el principal factor externo que influye directa e indirectamente en el estado de salud de las especies acuáticas, por lo tanto es necesario mantener los niveles óptimos y lograr un adecuado crecimiento y

³¹ SHAN, Hongwei, e. a. (2014). "A Comparative Study of Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture on Four Bottom Substrates Without Water Change." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014: 7.

³² WANG, Chao L. P., Kaiquan Zhang, Wujie Xu, Dahu Zhao & Lin Mei (2015). "Effects of different carbon sources addition on nutrition composition and extracellular enzymes activity of bioflocs, and digestive enzymes activity and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-exchange culture tanks." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

³³ GURROLA, J. A. H. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado.

³⁴ FARSHAD, S. (2012). "Mixotrophic method of aquaculture."

supervivencia. La temperatura tiene alto impacto en los procesos químicos y biológicos³⁵. La salinidad es otro factor importante, el *L. vannamei*, *Penaeus monodon* y otras especies de camarón son eurihalinas ya que toleran un amplio rango de salinidad.³⁶ El oxígeno disuelto es la variable más crítica para la calidad del agua en un estanque, una baja concentración de oxígeno disuelto (OD) ha sido considerada como la principal causa de estrés, bajo apetito, crecimiento lento, susceptibilidad a enfermedades y mortalidad en los cultivos acuícolas.³⁷

La alcalinidad es importante para mantener estable el pH y para los procesos de calcificación y ecdisis en camarones. En cuanto al pH depende de otras variables como la concentración de OD, proceso de respiración y fotosíntesis del fitoplancton y otras plantas acuáticas, y a la vez influye sobre la disponibilidad de compuestos nitrogenados como el amonio tóxico y no tóxico.³⁸ La aplicación de alimentos balanceado constituye la principal entrada de nitrógeno al sistema de cultivo (>90%) y es secretado en forma de amonio por los camarones, en altas concentraciones causa problemas de calidad del agua y problemas fisiológicos para los organismos cultivados³⁹, ver tabla 3.

Tabla 3. Parámetros de calidad del agua para camarón *L. vannamei*.

Parámetro	Rango
Temperatura °C	25 – 35
Salinidad ppt	1-40
pH	6 – 9
Oxígeno disuelto mg/L	>5
Alcalinidad CaCO ₃ mg/L	>75
Amonio Ionizado (HN ₄ ⁺)	0,2 – 2
Amonio no ionizado (NH ₃)	<0.1
Nitritos (mg/L)	< 1
Nitratos (mg/L)	0,2-10

Boyd 2002

La calidad del agua no es afectada por las altas densidades de siembra cuando se trabaja con bajos o nulos recambios de agua Silva et al⁴⁰, Marques et al⁴¹. Sin

³⁵ SILVAS, G. A. (2013). Calidad del agua y balance de nutrientes (N y P) en el cultivo integrado de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), tomate (*Lycopersicon esculentum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) utilizando agua de baja salinidad y cero recambio. posgrado en ciencias del mar y limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

³⁶ Ibid. Pg 7

³⁷ GURROLA, J. A. H. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado.pg 11.

³⁸ Ibid.pg 13

³⁹ BOYD, C. E. "Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón." Auburn University, Alabama 36849 USA: 30.pg 23

⁴⁰ SILVA, E. (2015). "Influence of stocking density on the zootechnical performance of *Litopenaeus vannamei* during the nursery phase in a biofloc system." Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 41(esp.): : 777 – 783.

embargo para lograr un control eficiente es necesario el uso de tecnologías eficientes como la tecnología del biofloc BFT Wong⁴², Wasialesky⁴³, sistemas heterotróficos Hernández Gurrola⁴⁴, que ayuden a disminuir y controlar los factores ya mencionados, además estos sistemas permiten reciclar nutrientes y reduce las cargas contaminantes producto de excreciones, alimento no consumido y sus lixiviaos, con el fin de mantener la calidad del agua en sus rangos de tolerancia para la especie Boyd⁴⁵, también los probióticos pueden ser usado como bio-remediadores mejorando la calidad del agua, además tienen efecto positivo sobre el sistema inmunológico de los organismos cultivados. Aguilera Rivera⁴⁶ y Prentu⁴⁷

3.5 RELACIÓN COSTO-BENEFICIO

De acuerdo con Castañer la relación costo-benéfico se define como:

El análisis de Costo-Benéfico (CB), es uno de los sistemas utilizados para determinar los costos de producción de un producto dentro de una empresa, puede ser utilizado cuando se necesite de una decisión, y no está limitado a una disciplina académica o campo en particular un proyecto privado o público. Es un híbrido de diversas técnicas de gerencia, finanzas, y los campos de las ciencias sociales. Presenta tanto los costos como los beneficios en unidades de medición estándar (usualmente monetarias), para que se puedan comparar directamente, el fundamento de este análisis es si el costo de la solución sobrepasa el costo del problema. Si la solución es más cara, no se debe de implementar. Cada análisis es diferente y requiere de un pensamiento cuidadoso e innovador, pero eso no quiere decir que no se tenga una secuencia estándar de pasos y procedimientos a seguir.⁴⁸

⁴¹ MÁRQUEZ, J. E. Q. (2016). "Efeito da densidade de estocagem nos parâmetros zootécnicos da criação de camarões *Litopenaeus schmitti*." Bol. Inst. Pesca, São Paulo,: 10.

⁴² CHAO WANG, L. P., Kaiquan Zhang, Wujie Xu, Dahu Zhao & Lin Mei (2015). "Effects of different carbon sources addition on nutrition composition and extracellular enzymes activity of bioflocs, and digestive enzymes activity and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-exchange culture tanks." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

⁴³ Jr., W. W. (2006). "Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*." Rio Grande, Brazil b Waddell Mariculture Center – SC, Department of Natural Resources P.O. Box 258.

⁴⁴ OB. CIT

⁴⁵ BOYD, C. E. "Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón." Auburn University, Alabama 36849 USA: 30.

⁴⁶ RIVERA, D. A. (2013). Evaluación del efecto probiótico de los sistemas biofloc sobre la presencia de bacterias del género vibrio, crecimiento, supervivencia y estado de salud en el camarón blanco del pacífico *litopenaeus vannamei*, Universidad Nacional Autónoma de México.

⁴⁷ PRENTU, B. I. (2016). "Aplicación de un probiótico compuesto por *Bacillus amyloliquefaciens* para mejorar el sistema inmunológico del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en sistemas de bioflóculos.", Universidad Politécnica de Valencia.

⁴⁸ CASTAÑER, Juan A. (2014). "Análisis de costo beneficio Ejemplos de análisis sector privado". EstudiosTécnicos Inc., Apartado 12144 San Juan PR 00914-0144., p 4.

3.5.1 Potencial del camarón en cultivo. De acuerdo con Martínez⁴⁹ el precio del camarón en el mercado depende de su talla, por lo tanto un producto de buen tamaño en el menor tiempo posible es la mejor opción. Para lo cual es necesario seleccionar especies o variedades que se caractericen por altas tasas de crecimiento. Además todas las especies no tienen el mismo valor comercial, el precio depende principalmente también del aspecto, los camarones blancos o cristalinos como el *L. vannamei*, *L. stylirostris*, *L. sectiferus*, etc, tienen un mayor precio en el mercado que los camarones pigmentados como *Penaeus Monodon*, *Farfantepenaeus californiensis* entre otros.

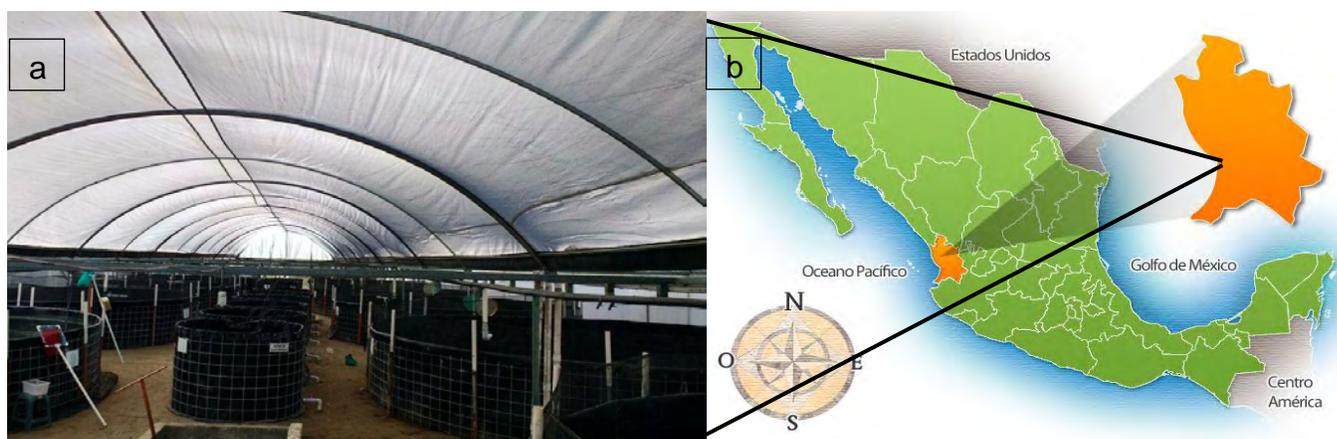
⁴⁹ MARTÍNEZ, L. R. Cultivo de Camarones Peneídos principios y prácticas A.G.T. Col. Escandón, México 11800 D.F, primera edición 1999, ISBN: 968-463-095-6.: 24.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de Bioingeniería Costera de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, adscrito a la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN) ver figura 2. Ubicado en el kilómetro 12 de la Bahía Matanchén, San Blas, Nayarit, México⁵⁰. Con coordenadas geográficas 21° 29' 53" de latitud norte y 105° 12' 3" de longitud oeste. La temperatura media anual es de 25.5 ° C. La precipitación media aproximada es de 1609 mm⁵¹.

Figura 2. Laboratorio de Bioingeniería Costera.



b) MÉXICO REAL. Estado de Nayarit, México.
URL <www.travelbymexico.com>

4.2 INSTALACIONES, MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS

4.2.1 Instalaciones. El laboratorio de Bioingeniería, cuenta con un invernadero cubierto con plástico y poli-sombra con área de 1.500 m² (30 m de ancho x 50 m de largo), un laboratorio para análisis de calidad del agua y control sanitario, una bodega para el almacenamiento de equipos e insumos y una oficina.

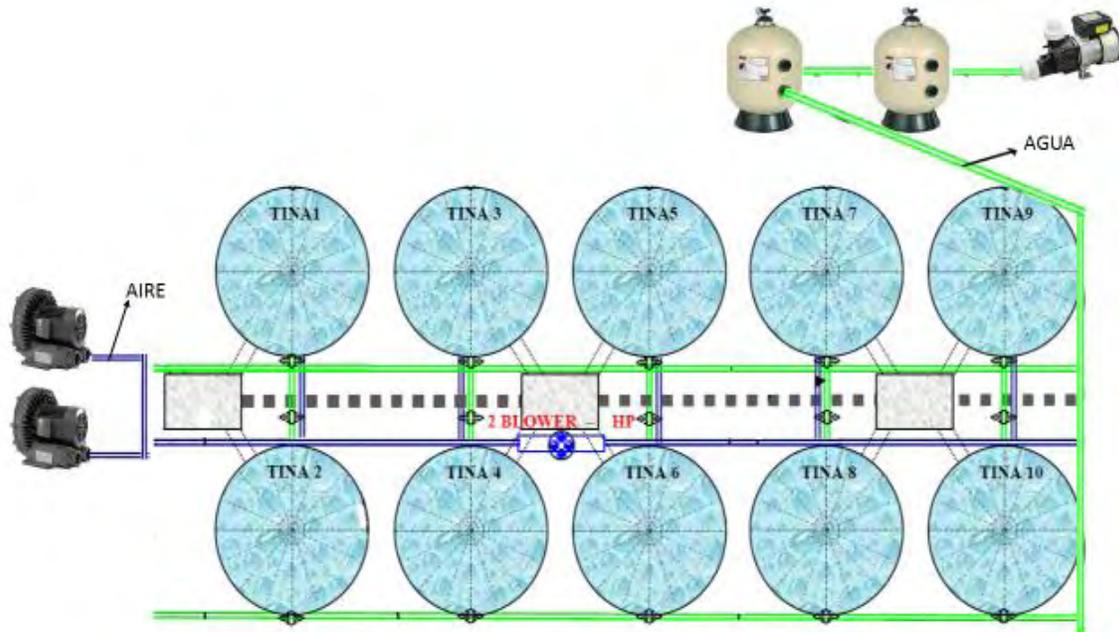
4.2.1.1 Sistema hidráulico. El agua es conducida al laboratorio por una bomba de 5 HP de potencia, pasando por un filtro de grava y zeolita con capacidad de remoción de partículas mayores a 100 µm y un filtro a base de grava y carbón activado con capacidad de remoción partículas mayores a 60 µm.

⁵⁰ UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NAYARIT. Ubicación geográfica (citado el 20 de marzo de 2018). Disponible en la web, URL<<http://www.uan.edu.mx/es/unidad-academica-escuela-nacional-de-ingenieria-pesquera>>

⁵¹ Régimen climático. México San Blas Nayarit. Disponible en internet URL <<https://es.climate-data.org/location/34715/>>

4.2.1.2 Sistema de aireación. La aireación es proporcionada por dos aireadores de 5 HP de potencia, su distribución fue a través de manguera de polietileno de 2" de la cual se divide a las geomembranas por mangueras de 3/4" de diámetro con una terminación de manguera difusora en forma circular figura 3.

Figura 3. Esquema del sistema de evaluación del proyecto.



4.2.2 Materiales.

- Estanques circulares con un volumen de 35 m³
- Filtro 36" grava y zeolita (100 µm)
- Filtro 36" grava y carbón activado (60 µm)
- Sistema hidráulico
- Sistema de aireación
- Vernier de plástico

4.2.3 Equipos

- Aireadores (blowers) de 4.5 H.P.
- Oxímetro YSI-550^a
- Potenciómetro Hanna
- Refractómetro
- Espectrofotómetro YSI-9500
- Balanza analítica marca Ohaus (±0.01 g).
- Bomba de 5 HP tipo Jacuzzi.

4.2.4 Insumos

- Carbón activado
- Zeolita
- Grava
- Formol
- Balanceado 45%, 40% y 35% de proteína.
- Melaza
- Cal agrícola

4.3 MATERIAL BIOLÓGICO

Las postlarvas de camarón blanco *L. vannamei* PL 17 con un peso de (0,05g), fueron adquiridas del laboratorio “Acopio de Postlarvas y Asesoría de Proyectos S.A. de C.V.” ubicada en la Bahía de Matanchén San Blas Nayarit, México.

4.4 PERIODO DE ESTUDIO

Entre el 28 de noviembre de 2017 y el 05 de marzo de 2018 se evaluó el efecto de tres densidades de siembra 700 PL/m³, 500 PL/m³ y 300 PL/m³ sobre las variables zootécnicas de camarón blanco *L. vannamei*, en sistemas heterotróficos bajo condiciones de laboratorio.

4.5 ADECUACIÓN DE INSTALACIONES

4.5.1 Lavado y desinfección. Previamente a la siembra de las postlarvas de camarón, se lavaron y desinfectaron las geomembranas, sistema hidráulico (entrada y salida), sistema de aireación, comederos y demás utensilios que se utilizaron durante el cultivo, con solución de hipoclorito a una concentración de 10 ppm.

4.5.2 Maduración del agua. Una semana antes de la siembra de los organismos, se inició el proceso de maduración del agua aplicando 0,17 L de probiótico comercial NEUTROBACTER® y 20 g de melaza por cada m³ de agua, simultáneamente se activó el sistema de aireación del agua. La aplicación de probiótico se lo continuó realizando semanalmente a la misma concentración y para el caso de la melaza se continuo aplica diariamente a razón del 10% del alimento proyectado ver figura 4.

Figura 4. Maduración del agua de cultivo.



4.5.3 Activación de probiótico. La solución madre del probiótico NEUTROBACTER®, se la adquiere en una presentación comercial de 10 L, para su masificación se mezcla con 10 Kg de melaza a una relación 1:1, posteriormente se adiciona agua hasta llegar a un volumen de 200 L. Las bacterias esta lista para su uso cuatro días después de iniciado el proceso de activación a una temperatura promedio a 28 °C o cuando el pH baje de 4,9 (pH inicial) a 4,0 (final).

4.6 PLAN DE TRABAJO

4.6.1 Siembra de las postlarvas.

4.6.1.1 Prueba de estrés. Una muestra de los organismos fueron sometidos a una prueba de estrés la cual consistió en colocar postlarvas de camarón en agua dulce 0 ppt, durante 30 minutos, posteriormente fueron transferidas a agua salada 30 ppt, durante 30 minutos, finalmente se realizó el conteo de organismos vivos y muertos, se obtuvo una sobrevivencia del 98.6% figura 5.

Figura 5. Prueba de estrés



4.6.1.2 Conteo de larvas. Se contó la cantidad de postlarvas (PL17) contenidas en 0.1g, en cuatro muestras diferentes, se estableció el peso promedio individual el cual fue 0.0048g/PL17, posteriormente se cosecho 756g de biomasa de PL17, que correspondieron a 157.500 PL17 (Anexo A), necesarias para los tres tratamientos propuestos figura 6.

Figura 6. Conteo de postlarvas



4.6.1.3 Siembra. Una vez llegaron las postlarvas al Laboratorio de Bioingeniería Costera, estas fueron aclimatadas a salinidad 35 ppt y temperatura 27 °C, bajando el nivel del agua de transporte de los organismos al 50% y nuevamente llenado

con agua de las geomembranas, este proceso se realizó cada 20 minutos hasta igualar temperatura y salinidad. Finalmente se sembró la cantidad estimada por cada unidad experimental, densidad alta ($24.500 \text{ PL}/35\text{m}^3$), densidad media ($17.500 \text{ PL}/\text{m}^3$) y densidad baja ($10.500 \text{ PL}/\text{m}^3$), ver figura 7.

Figura 7. Siembra en las unidades de cultivo



4.6.2 Alimentación. El primer alimento ingerido al iniciar el experimento fue un meso-cosmos de microorganismos que crecieron durante la maduración del agua. También se inició alimentando con balanceado comercial 50% de proteína, a razón del 16% de la biomasa, dividida en 12 raciones las cuales fueron aplicadas cada 2 horas al voleo durante las dos primeras semanas, posteriormente se alimentó en comederos de fondo figura 8, el porcentaje alimento con respecto a la biomasa y el contenido de proteína fueron disminuyendo de acuerdo al crecimiento de los organismos (Anexo B). Diariamente se revisó comederos y el fondo de los estanques, con el fin de controlar el suministro de alimento, semanalmente se ajustó las tablas de alimentación acorde al incremento de la biomasa.

Figura 8. Alimentación en comederos.



4.6.3 Biometrías. Semanalmente se registró incremento de peso (g) empleando una balanza analítica marca Ohaus (± 0.01 g), figura 9, en las primeras semanas se tomó una muestra de cada geomembrana se pesó y contó el número de organismos para estimar un promedio, debido a que el peso individual de los camarones no podían ser leídos por la balanza, cuando los organismos ya sobrepasaban un gramo de peso se pesaron individualmente, tomando una muestra de 46 organismos por unidad experimental (Anexo C).

Figura 9. Determinación de peso



4.6.4 Muestreo de calidad del agua. Cada dos horas se registró oxígeno y temperatura con Oxímetro YSI-550A, el pH y salinidad dos veces al día (8:00 A.M. y 6 P.M.) con potenciómetro Hanna y refractómetro respectivamente, y semanalmente se tomó parámetros amonio (NH_3 y NH_4), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), y alcalinidad (CaCO_3) con el espectrofotómetro YSI-9500 (Anexo D)como se observa en la figura 10.

Figura 10. Toma de parámetros de calidad del agua



4.6.5 Control sanitario. Diariamente se realizó revisión de fondos para detectar animales muertos y restos de balanceado no consumido, además de revisar estado de las branquias, apéndices, color, contenido intestinal y demás anomalías que presentaban los camarones y semanalmente o cuando fue necesario se sacrificó tres organismos de cada unidad experimental con el fin de realizar análisis en fresco siguiendo el protocolo propuesto por Morales et al⁵², con los resultados obtenidos se tomó decisiones de manejo técnico figura 11.

⁵² MORALES, V. y J. Cuéllar-Anjel (eds.). 2008. Guía Técnica - Patología e Inmunología de Camarones Penaeidos. Programa CYTED Red II-D *Vannamei*, Panamá, Rep. de Panamá., p 9-10.

Figura 11. Análisis en fresco.



4.6.6 Análisis parcial de costos. Durante todo el ciclo de cultivo se cuantifico el gasto de insumos aplicados a cada unidad experimental (Anexo E) y se determinó el precio de cada insumo (Anexo F) con la finalidad de establecer el costo de producción en cada unidad experimental propuestos, una vez terminado el ciclo de cultivo se procesó a realizar un análisis parcial de costos por tratamiento (Anexo G-H).

4.7 DISEÑO EXPERIMENTAL.

La evaluación del efecto de la densidad de siembra de camarón blanco *L. vannamei*, en sistemas híper-intensivos se evaluó durante 98 días, para lo cual se realizó un análisis completamente al azar con sub muestreos con un alfa de confiabilidad del 95%, se evaluaron tres tratamientos con tres replicas cada uno para un total de nueve unidades experimentales, tabla 4. Cada unidad experimental está conformada por un tanque circular de 6,3 m de diámetro recubierto con geomembrana de alta densidad (HDPE) con un volumen útil de 35 m³

Tabla 4. Tratamientos y réplicas del experimento propuesto

	Tratamiento 1 PL/m³	Tratamiento 2 PL/m³	Tratamiento 3 PL/m³
R1	700	500	300
R2	700	500	300
R3	700	500	300

4.7.1 Formulación de hipótesis.

4.7.1.1 Hipótesis nula (Ho): las densidades evaluadas presentan efectos de crecimiento y supervivencia estadísticamente similares en los tres tratamientos de estudio de tal manera que, no existen diferencias significativas:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

4.7.1.2 Hipótesis alterna (Ha): al menos una de las densidades propuestas causarán diferentes efectos de crecimiento y supervivencia en alguna de las variables evaluadas en este estudio de tal manera que presenta diferencias estadísticas significativas:

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

4.7.2 Variables evaluadas.

4.7.2.1 Incremento de Peso (IP).

$$IP = Pf - Pi$$

Donde:

IP= Incremento de peso (g)

Pf= Peso final (g)

Pi= Peso inicial (g)

4.7.2.2. Tasa Específica de Crecimiento (TEC). Es el incremento de peso expresado en porcentaje, de un individuo durante el periodo de estudio.

$$TEC = ([\ln Pf - \ln Pi] / t) * 100$$

Dónde:

TEC= Tasa Específica de Crecimiento diaria (%)

In= Logaritmo natural

Pf= Peso final (g)

Pi= Peso inicial (g)

t = Días de cultivo.

4.7.1.2 Factor de Conversión Alimenticia (FCA). representa la cantidad de alimento balanceado necesario para producir un Kg de carne.

$$FCA = \frac{CAC}{BC}$$

Donde:

FCA: Factor de conversión alimenticia

CAC = Cantidad de alimento consumido Kg

BC = Biomasa cosechada Kg

4.7.2.4 Supervivencia. Permite determinar la cantidad de población que sobrevivió durante todo el periodo de estudio y se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$S = \frac{N^{\circ} \text{Ind. } f}{N^{\circ} \text{Ind. } i} * 100$$

Donde:

S: =Porcentaje de supervivencia.

N° Ind. f: = Número de camarones cosechados.

N° Ind. i: =Número de PL sembradas.

4.7.2.5 Costo-beneficio

$$C/B = CT/IB$$

Donde:

C/B= Costo-beneficio

CT = Costos totales

IB= Ingresos brutos

Cuando.

C/B<1 No aconsejable

C/B=Indiferente

C/B>1 Aconsejable

4.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los datos obtenidos de variables zootécnicas y de calidad del agua fueron analizados en el programa SPSS® Statistics 23. Los grupos de datos fueron sometidos a pruebas de normalidad, posteriormente se les realizó la prueba de homogeneidad de varianzas, para contrastar si las muestras de los diferentes grupos presentan la misma varianza, los grupos de muestra que cumplieron con ambos supuestos se compararon llevando a cabo un análisis de varianza de una vía (ANDEVA) rechazando la hipótesis nula de las medias de la población cuando ($p < 0,05$) y finalmente una prueba de Tukey para encontrar diferencias entre tratamientos ($p > 0,05$), los grupos de datos que no cumplieron las exigencias requeridas para los análisis paramétricos, se les realizó análisis no paramétricos.

4.8.1 Análisis de variables productivas. El Incremento de Peso, Tasa Especifica de Crecimiento, Factor de Conversión Alimenticia y Supervivencia, fueron sometidas a prueba de normalidad de *Shapiro Wilk*, y a prueba de homogeneidad de varianzas de *Levene*, el Incremento de peso y la supervivencia cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p > 0,05$), finalmente se realizó y prueba de Tukey, para establecer diferencias entre tratamientos, para el caso de la Tasa Especifica de Crecimiento y Factor de Conversión Alimenticia se les aplicó una prueba de *Kruskal Wallis* (Anexo I-K).

4.8.2 Análisis de variables de calidad del agua. La temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxígeno (O_2), salinidad (ppt) Nitrógeno Amónico Total TAN (NH_3 y NH_4) nitritos (NO_2), nitratos (NO_3) y alcalinidad (CaCO_3). Se realizó una prueba de normalidad de *Kolmogorov-Smirnov* y una prueba de homogeneidad de varianzas de *Levene*, como no cumplieron los supuestos paramétricos ($p > 0,05$), se les aplicó una prueba de *Kruskal Wallis* y una prueba de *U. de Man-Whitney* para establecer diferencias significativas cuando ($p > 0,05$).

5 RESULTADOS

5.1 VARIABLES PRODUCTIVAS.

5.1.1 Incremento de Peso IP. Los datos de IP, fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), y prueba de Tukey para determinar las diferencias estadísticas entre tratamientos, encontrando diferencias ($p < 0,05$) entre los tratamientos, el T3 presentó mayor IP con $9,0 \pm 0,43$ g, el cual fue estadísticamente diferente al T1 y al T2; con IP de $6,04 \pm 0,20$ g y $6,57 \pm 0,42$ g respectivamente y entre los cuales no se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$), como se observa en la tabla 5.

Tabla 5. Peso promedio por tratamiento.

R\T	T1	T2	T3
R1	5,8	6,1	9,3
R2	6,0	6,9	9,2
R3	6,2	6,7	8,5
Promedio	$6,04 \pm 0,20^b$	$6,57 \pm 0,42^b$	$9,00 \pm 0,43^a$

Promedio \pm desv estándar. Valores con diferentes literales son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

5.1.2 Tasa Específica de Crecimiento TEC. Esta variable fue calculada con los datos obtenidos del incremento de peso de los camarones cosechados, los cuales fueron sometidos a prueba de varianza (ANDEVA) y prueba de Tukey. Se determinó que el T3 presentó un valor de $7,43 \pm 0,58\%$, siendo estadísticamente mayor ($p < 0,05$) que los T1 y T2, los cuales presentaron valores de $7,27 \pm 0,01\%$ y $7,37 \pm 0,06\%$ respectivamente y entre los cuales no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) tabla 6.

Tabla 6. Tasa específica de crecimiento por tratamiento.

R\T	T1	T2	T3
R1	7,25	7,30	7,72
R2	7,28	7,42	7,71
R3	7,32	7,39	7,63
Promedio	$7,27 \pm 0,01^b$	$7,37 \pm 0,06^b$	$7,43 \pm 0,58^a$

Promedio \pm desv estándar. Valores con diferentes literales son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

5.1.3 Factor de Conversión Alimenticia FCA. El análisis de varianza demostró que hay diferencias estadísticas y al completar este análisis con la prueba de Tukey demostró que el T3 con $1,31 \pm 0,03$ Kg fue significativamente más eficiente ($p < 0,05$), que el T1 y T2 con $1,56 \pm 0,058$ Kg y $1,60 \pm 0,20$ Kg respectivamente y entre los cuales no se presentó diferencias, ver tabla 7.

Tabla 7. Factor de conversión alimenticia.

R\T	T1	T2	T3
R1	1,57	1,81	1,30
R2	1,47	1,39	1,35
R3	1,61	1,57	1,28
Promedio	$1,56 \pm 0,058^a$	$1,60 \pm 0,20^a$	$1,31 \pm 0,03^b$

Promedio \pm desv estándar. Valores con diferentes literales son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

5.1.4 Supervivencia. El porcentaje de supervivencia no presentó diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre los tratamientos propuestos cuando se realizó un análisis de varianza, presentando promedios de $75,57 \pm 3,33\%$, $83,07 \pm 5,84\%$, y $81,13 \pm 6,36\%$ correspondiente a T1, T2 y T3 respectivamente ver tabla 8.

Tabla 8. Supervivencia por tratamiento.

R\T	T1	T2	T3
R1	76,39	76,92	87,05
R2	78,37	88,45	77,24
R3	71,87	83,80	90,04
Promedio	$75,57 \pm 3,33^a$	$83,07 \pm 5,84^a$	$81,13 \pm 6,36^a$

Promedio \pm desv estándar. Valores con diferentes literales son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

5.2 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.

La tabla 9 presenta el promedio de los parámetros de calidad del agua evaluados en el presente trabajo, la temperatura, salinidad, amonio no ionizado, nitratos y alcalinidad no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$), mientras que el oxígeno, el pH, el TAN y los nitritos tuvieron comportamiento diferente entre tratamientos ($p < 0,05$).

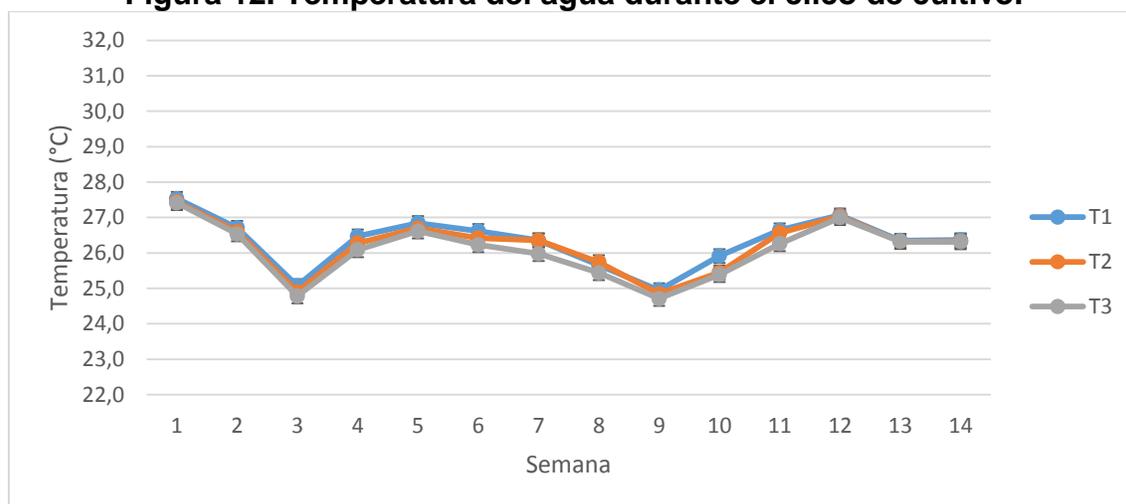
Tabla 9. Parámetros de calidad del agua

Parámetros	T1	T2	T3
Temperatura (°C)	26.32 ± 0.88 ^a	26.21 ± 0.90 ^a	26.08 ± 0.90 ^a
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5.03 ± 0.72 ^b	5.14 ± 0.68 ^a	5.14 ± 0.65 ^a
Salinidad (ppt)	35.50 ± 0.78 ^a	35.56 ± 0.79 ^a	35.57 ± 0.81 ^a
pH	7.95 ± 0.24 ^b	8.01 ± 0.23 ^a	8.07 ± 0.23 ^a
TAN (NH ₃ +NH ₄) (mg/L)	1.68±0.98 ^{ab}	1.44±1.04 ^b	1.99 ± 0.95 ^a
No ionizado NH ₃ (mg/L)	0.02±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a	0.03 ± 0.01 ^a
Nitritos (mg/L)	9.8 ± 9.01 ^a	5.30±4.11 ^{ab}	3.86 ± 3.79 ^b
Nitratos (mg/L)	11.65 ± 9.63 ^a	10.76±8.99 ^a	11.16 ± 11.12 ^a
Alcalinidad (mg/L)	123.89 ± 30.91 ^a	128.90±28.24 ^a	121.20 ± 20.67 ^a

Promedio ± desv estándar. Valores con diferentes literales son significativamente diferentes ($p < 0,05$). Donde T1, T2 Y T3 son los tratamientos respecto a las tres densidades de siembra (700 PL/m³, 500 PL/m³ y 300 PL/m³)

5.2.1 Temperatura. El agua permaneció una temperatura constante a lo largo del ciclo de cultivo y no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, ($p > 0,05$) con promedios de 26,32±0,88 °C, 26,21±0,90 °C y 26,08±0,90 °C, correspondientes a alta, media y baja densidad, se registró valores máximos en el tratamiento uno y dos de 29,6 °C, y mínimo en el tratamiento uno y tres con 23,4° C, como se observa en la figura 12.

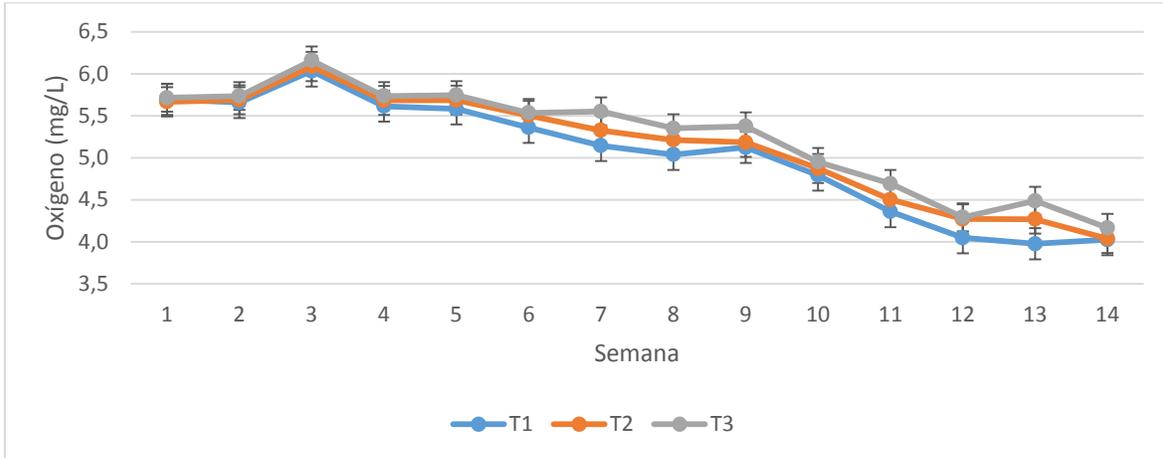
Figura 12. Temperatura del agua durante el ciclo de cultivo.



5.2.2 Oxígeno Disuelto OD. Este parámetro tuvo un comportamiento decreciente con un leve incremento producto de incorporar un segundo aireador al sistema, partiendo de concentraciones de 5.7 mg/L, pasando por un máximo de 6.2 mg/L y

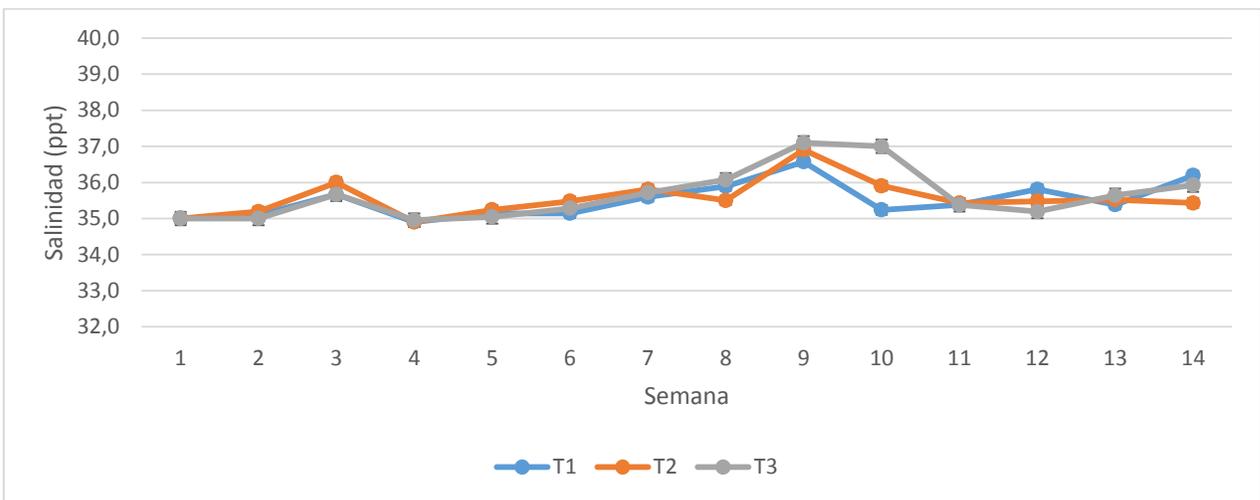
descendiendo al final del cultivo con valores mínimos de 4 mg/L, figura 13, el T1 presentó un promedio de $5,03 \pm 0,72$ mg/L significativamente menor ($p < 0,05$) que el T2 y T3 en los cuales sus promedios fueron $5,14 \pm 0,68$ mg/L y $5,14 \pm 0,65$ mg/L respectivamente.

Figura 13. Comportamiento del oxígeno durante el ciclo de cultivo.



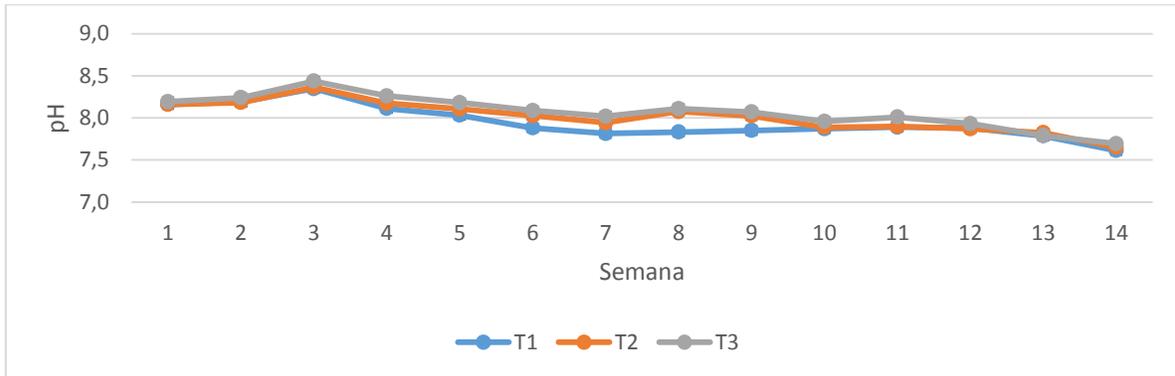
5.2.3 Salinidad. El agua utilizada fue captada directamente del mar lo tanto la concentración de sal fue igual a la del mar, los niveles de la salinidad fueron incrementando debido al proceso de evaporación del agua en las geomenbranas, con valores mínimos de 34 ppt y máximos de 38 ppt este comportamiento se evidencio en los tres tratamientos, como se muestra en la figura 14. Sin embargo no se presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos propuestos los cuales presentaron promedios de $35,50 \pm 0,78$ ppt, $35,50 \pm 0,78$ ppt y $35,57 \pm 0,81$ ppt correspondientes a T1, T2 Y T3, respectivamente.

Figura 14. Comportamiento de la salinidad durante el ciclo de cultivo



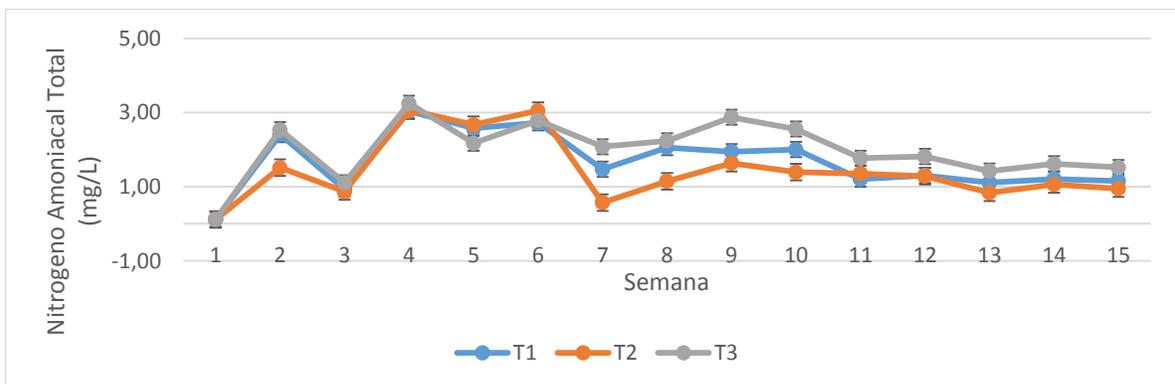
5.2.4 pH. En cuanto al pH sus niveles fueron descendiendo al pasar del tiempo de cultivo figura 15, se encontró diferencias estadísticas ($p < 0,05$) en tratamiento uno con un menor valor de $7,95 \pm 0,24$ con respecto al tratamiento dos que presentó un valor de $8,01 \pm 0,23$ y el tratamiento tres con $8,07 \pm 0,23$.

Figura 15. Comportamiento del pH durante el ciclo de cultivo.



5.2.5 Nitrógeno Amoniacal Total TAN. Este compuesto nitrogenado presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamientos. El T3 reportó la mayor concentración con un promedio de $1,99 \pm 0,95$ mg/L estadísticamente diferente al T2 que reportó la menor concentración $1,44 \pm 1,04$ mg/L, pero similar al T1 que fue $1,68 \pm 0,98$ mg/L, sin embargo entre el T1 y el T2 no se presentó diferencias estadísticas ($p > 0,05$) ver figura 16.

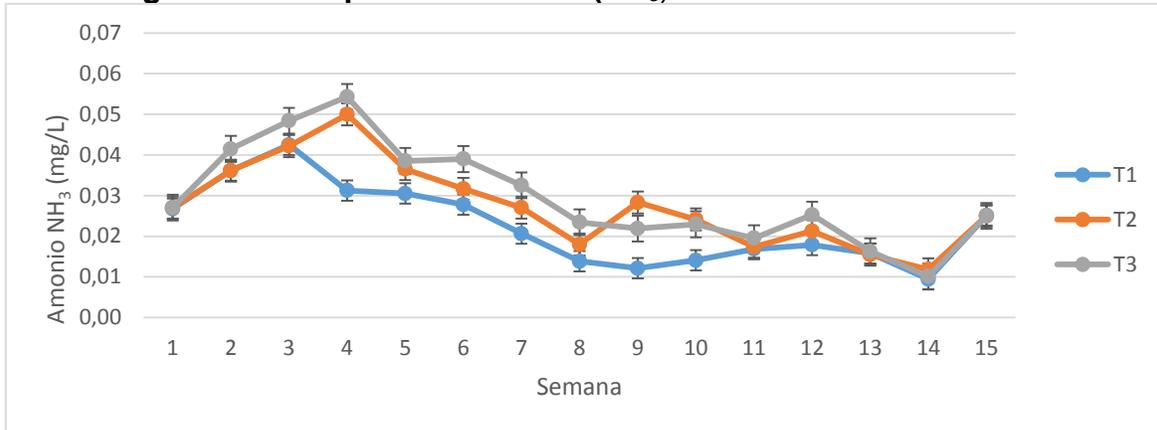
Figura 16. Comportamiento del TAN durante el ciclo de cultivo.



5.2.6 Amonio no ionizado (NH₃). Sus niveles incrementaron hasta la semana cuatro, posteriormente tendieron a estabilizarse manteniéndose por debajo de 0,04 mg/L. No presentó diferencias estadísticas entre tratamientos ($p > 0,05$), con

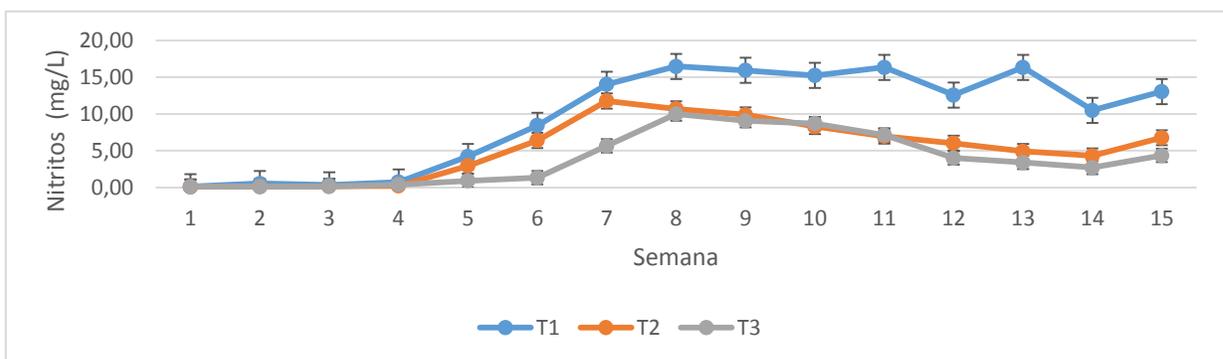
promedios de $0,02 \pm 0,01$ mg/L, $0,03 \pm 0,01$ mg/L y $0,03 \pm 0,01$ mg/L correspondientes al T1, T2 y T3, respectivamente ver figura 17.

Figura 17. Comportamiento del (NH_3) durante el ciclo de cultivo



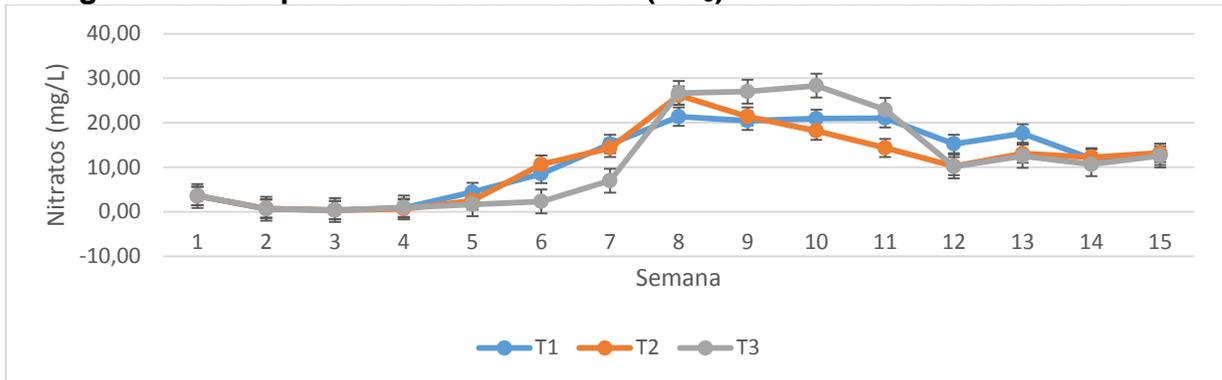
5.2.7 Nitrito (NO_2). Presentó un incremento en su concentración a partir de la semana cinco hasta lograr una estabilización en la semana siete y ocho, luego una estabilidad en el tratamiento de mayor densidad y una caída progresiva en los tratamientos de media y baja densidad como se observa en la figura 18. Presentó diferencias estadísticas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, el T3 tuvo el menor valor de $3,86 \pm 3,79$ mg/L, diferente al T1 que reportó la mayor concentración con $9,8 \pm 9,01$ mg/L, pero similar al T2 que se encontró un promedio de $5,30 \pm 4,11$ mg/L y entre el T1 y T2 no se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$).

Figura 18. Comportamiento del nitrito (NO_2) durante el ciclo de cultivo



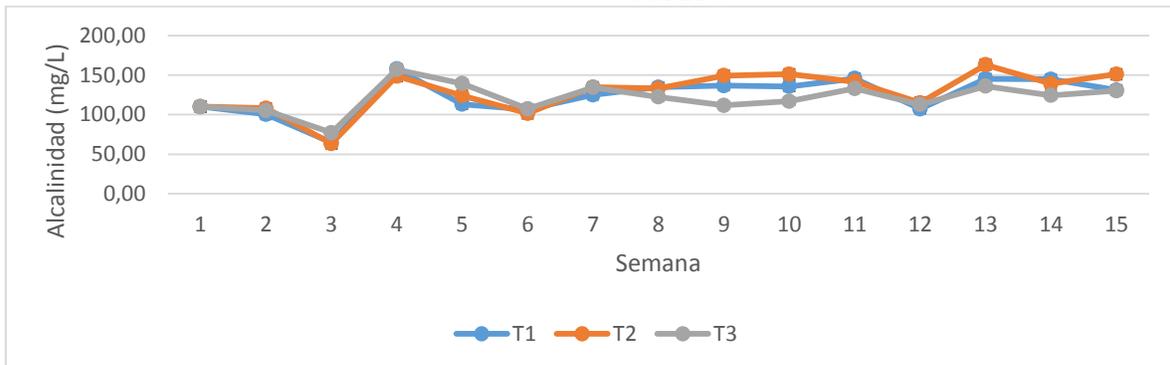
5.2.8 Nitratos (NO_3). Los niveles de nitrato incrementaron a partir de la cuarta semana hasta la octava y se estabilizaron con tendencia a disminuir su concentración hasta terminar el ciclo como se observa en la figura 19. No se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) entre tratamientos, con promedios de $11,65 \pm 9,63$ mg/L, $10,76 \pm 8,99$ mg/L y $11,16 \pm 11,12$ mg/L correspondientes al T1, T2 y T3.

Figura 19. Comportamiento de nitratos (NO₃) durante el ciclo de cultivo



5.2.9 Alcalinidad (CaCO₃). Sus niveles tendieron a la caída y los picos altos se debieron a la adición de fuentes de carbonato de calcio y/o al ingreso de agua nueva de mar ver figura 20. En general se mantuvo en 123,89±30,91 mg/L, 128.90±28.24 mg/L y 121.20 ± 20.67 mg/L para los T1, T2 y T3 respectivamente, sin presentar diferencias estadísticas ($p>0,05$) entre los tratamientos.

Figura 20. Comportamiento de la alcalinidad (CaCO₃) durante el ciclo de cultivo



5.3 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

Los costos generados en la presente investigación estuvieron en función de producción de camarón blanco *L. vannamei*, en alta densidad a una escala comercial, por lo tanto la mayor participación en gastos fue por el balanceado con un 38,2%, seguido de la mano de obra con 21,6%, semilla con 17,0% y energía con 14,7%, entre los más representativos, mientras que los menores gastos generados fueron por antibióticos y aditivo multivitamínico con 0,3% y 0,2% respectivamente. Con un gasto total de \$ 10.813.846, como se observa en la tabla 10.

Tabla 10. Costos generados en el ciclo de cultivo.

Detalle	Cantidad	Unidad de medida	Valor unitario \$ Mex	Valor Total \$Mex	* Valor Total \$Col	%
Semilla PL	157.500,0	Unidad	\$ 0,08	\$ 11.812,50	\$ 1.842.750,00	17.0%
Balanceado Kg	1.283,0	Kg	\$ 20,63	\$ 26.465,92	\$ 4.128.683,52	38.2%
Melaza Kg	178,7	Kg	\$ 6,50	\$ 1.161,78	\$ 181.237,97	1.7%
Aceite de pescado	4.084,1	L	\$ 0,11	\$ 428,83	\$ 66.897,33	0.6%
Antibiótico	432,8	g	\$ 0,42	\$ 180,67	\$ 28.184,78	0.3%
Multivitámico g	435,2	g	\$ 0,28	\$ 120,65	\$ 18.820,62	0.2%
Probiótico L	810,0	L	\$ 5,00	\$ 4.050,00	\$ 631.800,00	5.8%
Mano de obra	2.520,0	Hora	\$ 5,93	\$ 14.939,77	\$ 2.330.604,77	21.6%
Energía	3,4	Mes	\$ 2.953,32	\$ 10.159,41	\$ 1.584.867,84	14.7%
Total				\$ 69.319,53	\$ 10.813.846,83	100.0%

*Se tomó una tasa de cambio de 1 peso mexicano equivalente a 156 pesos colombianos.

Los gastos totales comprendidos por lo gastos directos como compra de la larva, balanceado, melaza, aceite de pescado, multivitámicos, antibióticos, energía y mano de obra fueron estimados por tratamiento. Con esta información y la biomasa cosecha (Kg de camarón) se estableció la cantidad de dinero necesario para producir un Kg de biomasa de camarón.

El T3 presentó los menores costos de producción seguido del T1 y el más costoso fue el T2. Contrariamente los ingresos totales generados por la venta del camarón fueron mayor en el T1 y los menores ingresos reportados fueron en el T3, como se observa en la tabla 11. Finalmente se estableció la relación costo benéfico, la cual fue similar en los tres tratamientos evaluados con un valor cercano a 1,5, lo que significa que por cada unidad monetaria invertida se tiene 1,5 unidades de ingresos.

Tabla 11. Análisis costo beneficio.

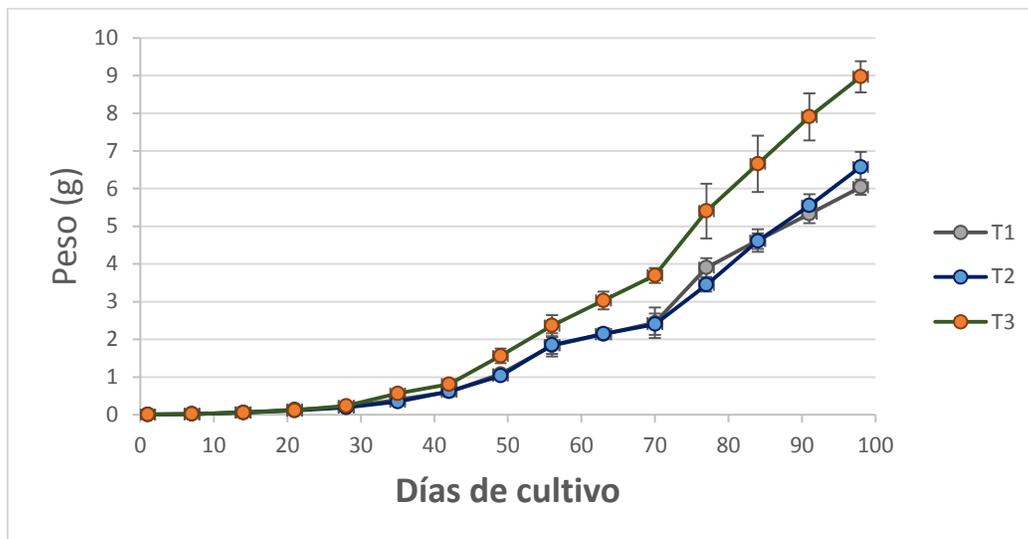
	Costos totales \$ Mex	Kg cosechados	Costo/Kg \$Mex	Precio de venta Kg \$Mex	Ingresos brutos \$Mex	Ingresos netos \$ Mex	Ingresos netos \$ Col	Costo/beneficio
T1	26.842	335	80	120	40.199	13.357	2.083.730	1.50
T2	23.526	288	82	120	34.502	10.976	1.712.235	1.47
T3	18.952	239	79	120	28.693	97.42	1.519.701	1.51

6 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

6.1 VARIABLES PRODUCTIVAS

6.1.1 Incremento de Peso IP. Los resultados de pesos finales demostraron que el tratamiento de menor densidad T3 (300 PL/m³) presentó el mejor peso promedio individual de cosecha (9,0±0,43 g) figura 21. Este comportamiento también se evidenció en trabajos realizados por Manzo⁵³ Marques et al⁵⁴, Krishna et al⁵⁵, Maia et al⁵⁶, quienes al evaluar diferentes densidades de siembra en sistemas semi-intensivos encontraron que al aumenta la densidad de siembra el tamaño de cosecha de los camarones disminuye. Además en sistemas intensivos Araneda et al⁵⁷, Valenzuela Quiñones⁵⁸; ratificaron este comportamiento.

Figura 21. Incremento de peso en los tres tratamientos propuestos.



⁵³ DELGADO, H. M. (2000). Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, (boone, 1931) cultivado en estanques rústicos, en manzanillo, colima., Universidad de Colima.

⁵⁴ MARQUEZ (2012). ". Effect of stocking density on zootechnical parameters of shrimp *Litopenaeus schmitti* culture,." Boletim do instituto de Pesca Sao Paulo.: 145–153.

⁵⁵ KRISHNA P. V., e. a. (2015). "Growth, Survival and Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* at different stocking densities under semi intensive culture systems in Andhra Pradesh." International Journal of Advanced Research: 446-452.

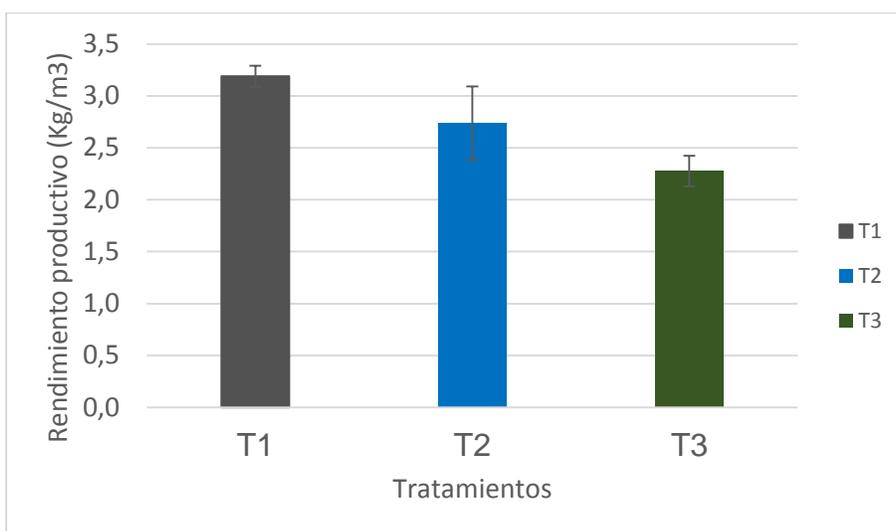
⁵⁶ MAIA E. P., e. a. (2016). "Growth, survival and production of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture system. Pesquisa Agropecuária Pernambucana." 15-19.

⁵⁷ ARANEDA, M. e. a. (2008). "White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: Conditionstate based on length and weight. Aquaculture ": 283

⁵⁸ VALENZUELA QUIÑONEZ, g. r. q. y. h. m. e. l. (2010). Cultivo intensivo de camarón blanco *litopenaeus vannamei* (Boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. Mexico D.F, Ra Ximhai. 6: 1-8.

Por otra parte, los valores de peso ganado en la presente investigación fueron inferiores a los reportado por Kraumenauer⁵⁹ quien al evaluar la misma especie en densidades de 150, 300 y 450 camarones/m² cultivados en sistemas de biofloc por un periodo de 120 días obtuvo pesos finales de 15,6 g, 16,8 g y 9,0 g respectivamente, probablemente la temperatura media de 28,6 °C resultó en un ambiente de confort para el crecimiento, mientras que en el presente trabajo la temperatura fue inferior. En cuanto al rendimientos productivo por unidad de volumen, Ray⁶⁰ evaluó el efecto de altos y bajos niveles de sólidos suspendidos en sistema de biofloc, con densidades de siembra de 250 camarones/m³, reportando pesos finales de 22,1 g y 17,8 g y rendimientos de 2,8 Kg/m³ y 2,2 Kg/m³ respectivamente, en un periodo de 13 semanas, aunque los pesos cosechados en el presente trabajo son inferiores los rendimiento productivo fueron mayor, ya que los la densidad final fue superior al 80% de la sembrada, ver figura 22.

Figura 22. Rendimiento productivo



6.1.2 Tasa Específica de Crecimiento TEC. Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que existe una relación inversa al aumentar la densidad de siembra, figura 23. Aunque la temperatura no presentó diferencias entre tratamientos se evidencio un bajo crecimiento posiblemente por encontrarse en los límites mínimos para la especie, como lo afirma Audelo Naranjo⁶¹ quien

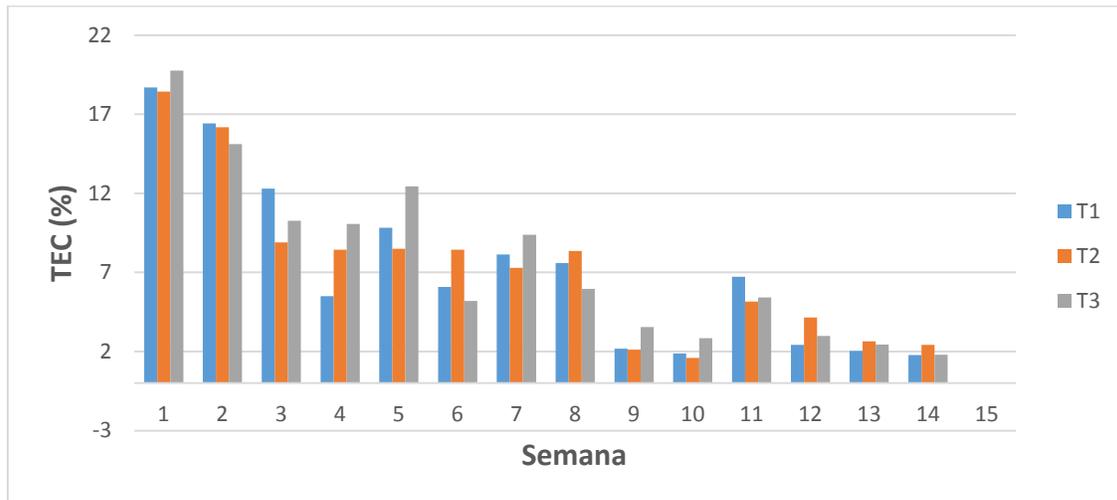
⁵⁹ KRUMMENAUER, D. (2011). "Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities." WORLD AQUACULTURE SOCIETY 42(5): 8.

⁶⁰ RAY, A. J. (2011). "Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management." Aquacultural Engineering.

⁶¹ AUDELO NARANJO. Juan M. Comparación de la tasa de crecimiento de *Penaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivos semi-intensivos de invierno y de verano. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. Apdo. Postal 610. Paseo Claussen s/n, Mazatlán, Sinaloa, México. Rev. Biol. Trop., 47(1-2): 119-121, 1999., p 2.

evaluó el comportamiento de la tasa de crecimiento durante invierno y verano en sistemas semi-intensivos, encontrando que la temperatura influye de manera directa y obtuvo mayor eficiencia productiva en verano ya que esta fue significativamente mayor que en invierno.

Figura 23. Tasa específica de crecimiento durante el ciclo de cultivo.

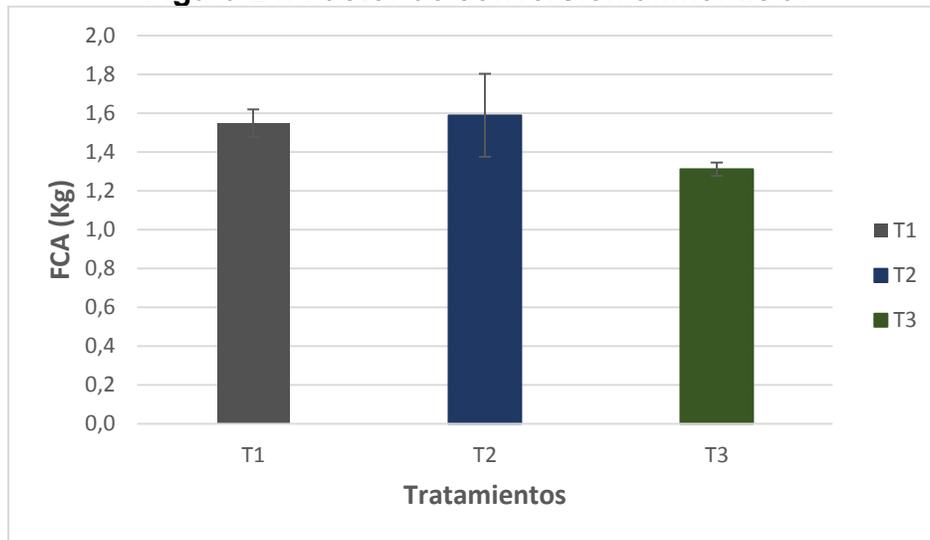


6.1.3 Factor de Conversión Alimenticia FCA. Los resultados de FCA encontrados en los tratamientos figura 23, se encuentran dentro de lo recomendable para esta especie Monina Poveda⁶², sin embargo el T3 que corresponde a la menor densidad (300 PL/m³), tuvo mayor eficiencia al convertir el balanceado en biomasa corporal, probablemente por un menor grado de estrés producto de una baja densidad de siembra en comparación con los demás tratamientos. Además una eficiente conversión alimenticia puede deberse al uso adecuado de balanceados con altos niveles de proteína (>35%PB) y la implementación de sistemas heterotróficos que ayudaron al reciclaje de nutrientes y posterior filtración por los camarones, como lo afirma Wasielesky⁶³ quien al evaluar niveles de proteína de alimento comercial, combinado con diferentes concentraciones de productividad natural (plancton) en sistema de biofloc para sistemas híper-intensivos en fases de pre-cría, encontró que a mayor nivel de proteína y mayor concentración productividad primaria se logran conversiones hasta de 1.04 kg.

⁶² POVEDA, C. A. M. (2015). Evaluación de varias fuentes de proteína vegetal en dietas para el camarón *Litopenaeus vannamei*, Universitat Politecnica de Valencia.

⁶³ WASIELESKY Jr. (2006). "Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*." Rio Grande, Brazil b Waddell Mariculture Center – SC, Department of Natural Resources P.O. Box 258.

Figura 24. Factor de conversión alimenticia.



6.1.4 Supervivencia. La densidad de siembra no causo efectos sobre la supervivencia figura 24, en trabajos reportados Froés et al⁶⁴; Fóes et al⁶⁵ con densidades superiores a 1.000 camarones/m³ en fase de pre-cría, afirman que no solo las densidades tienen efectos directos sobre el crecimiento y la supervivencia, también podría ser afectada por la calidad de la semilla, la productividad natural, degradación de la calidad de agua, acumulación de sedimentos, calidad de alimentos balanceados; premisas que también fueron analizadas por Arnold et al⁶⁶ y Kureshy⁶⁷.

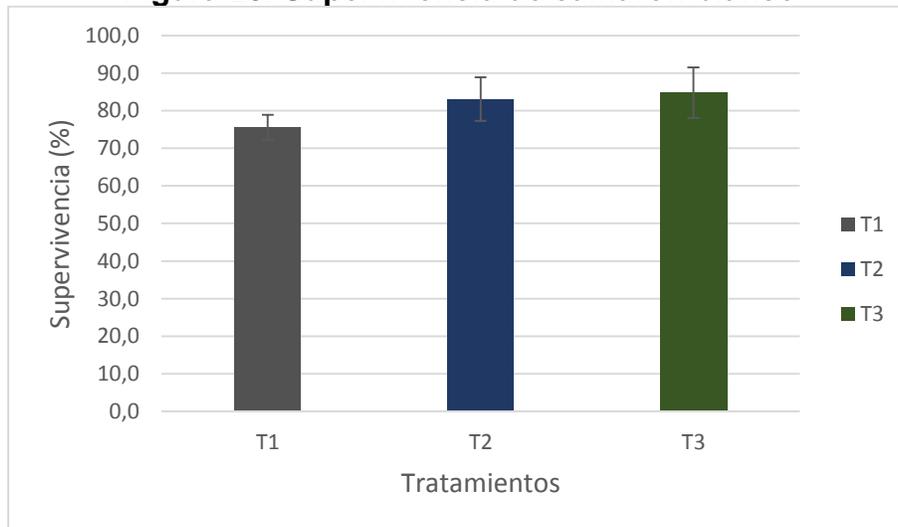
⁶⁴ FRÓES, C., Fóes, G., Krummenauer, D., Poersch, L. H., y Wasielesky, W. (2013). "Densidade de estocagem na engorda de camarão-branco cultivado em sistema de biofoco." *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48(8): 878-884.)

⁶⁵ FOES, G. K. F., C.; Krummenauer, D.; Poersch, L.; Wasielesky Junior, W (2011). "Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities." *Journal of Shellfish Research*. **30**: : 367-373.

⁶⁶ ARNOLD, S. J. S., M.J.; Crocos, P.J.; Coman, G.J (2005). "Response of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*) to intensive culture conditions in a flow through tank system with three-dimensional artificial substrate." *Aquaculture*: 246.

⁶⁷ KURESHY, N., Davis, D. A. (2002). "Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*." *Aquaculture*: 204.

Figura 25. Supervivencia de camarón blanco



Por lo contrario, Kraumenaueve⁶⁸ al evaluar 150 PL/m³, 300 PL/m³ y 450 PL/m³ en sistema biofloc, encontró supervivencias de 92%, 81,2% y 75% respectivamente, reportando diferencias significativas entre los tres tratamientos y argumentando que la densidad de siembra influye negativamente sobre la supervivencia en el cultivo de camarón en altas densidades. En este mismo sentido Arnold et al⁶⁹, sostienen que el espacio reducido en los estanques de cultivo por las altas densidades provoca estrés en los organismos cultivados e incita al canibalismo entre ellos, lo cual tiene un efecto directo sobre la supervivencia.

6.2 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.

6.2.1 Temperatura. La temperatura del agua presento una estabilidad constante a lo largo del ciclo de cultivo, ya que las unidades de experimentales eran de gran volumen 35 m³ y retenían el calor específico, además que el sistema estaba cubierto por invernadero. Su promedio general fue de 26,2 °C, figura 26, la cual coincidió con el régimen climático de la zona para los meses de noviembre a marzo⁷⁰. Los valores reportados en el presente trabajo se encuentran dentro de los rangos óptimos para el crecimiento de esta especie que van desde 25 °C a 32 °C Boyd⁷¹, sin embargo esta temperatura se acerca al límite inferior, y pudo ser el causante del bajo incremento de peso reportado, como lo demuestran Ostrensky y

⁶⁸ KRUMMENAUER, D. (2011). "Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities." WORLD AQUACULTURE SOCIETY 42(5): 8.pg 730

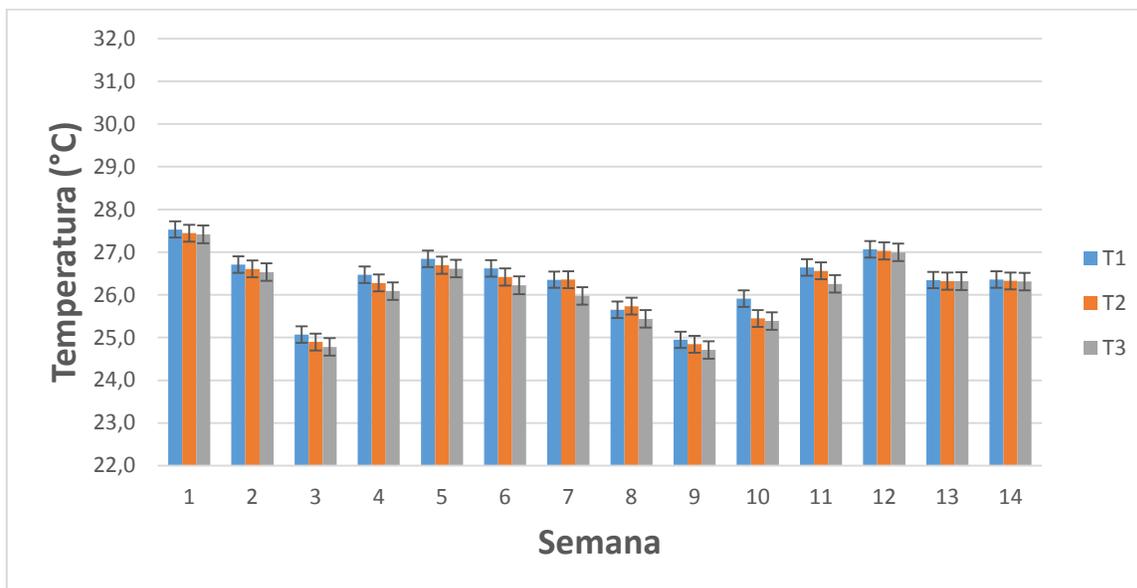
⁶⁹ ibid

⁷⁰ Régimen climático. México San Blas Nayarit. Disponible en internet URL <<https://es.climate-data.org/location/34715/>>

⁷¹ BOYD, C. E. "Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón." Auburn University, Alabama 36849 USA: 30.

Pestana⁷² al observar una reducción del 50% en las tasas de crecimiento de la especie *F. paulensis*, en viveros comerciales, cuando la temperatura media fue de 18 °C.

Figura 26. Comportamiento de la temperatura durante el ciclo de cultivo.



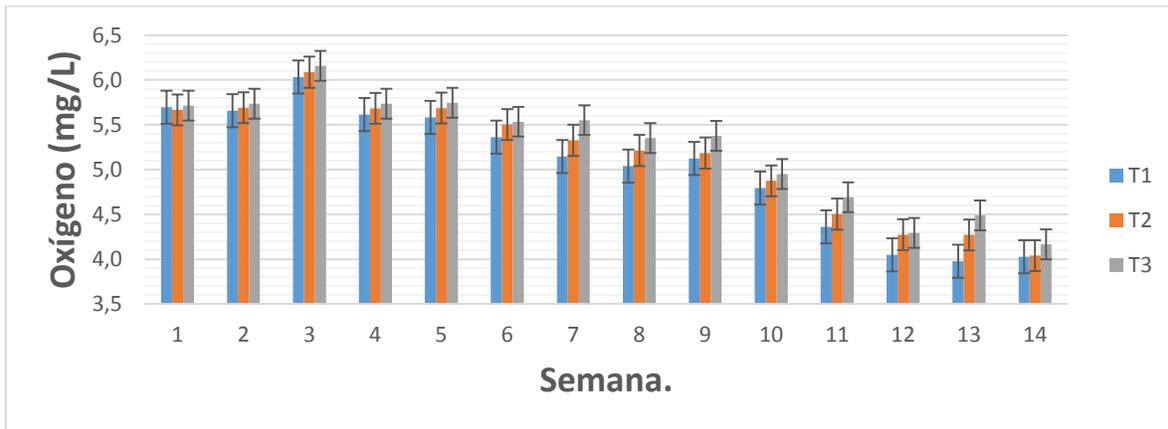
6.2.2 Oxígeno Disuelto OD. El T3 al contener mayor biomasa por unidad de volumen, tiene mayor demanda biológica de oxígeno (DBO) por lo que las concentraciones de OD en este tratamiento fueron inferiores a los de media y baja densidad. Sin embargo los niveles de todos los tratamientos se encuentran dentro de lo recomendado para la especie que van desde 4,5 a 10 mg/L para cultivos intensivos Bartholomew⁷³. Aunque el promedio de oxígeno estuvo por encima de 5 mg/L en todos los tratamientos, en las últimas semanas de cultivo los niveles tendieron a bajar registrando valores mínimos de 3,5 mg/L, figura 27. Contrario a lo encontrado por Samocha⁷⁴, el cual al evaluar la producción de camarón blanco en altas densidades bajo invernadero en sistema de raceways a baja salinidad mantuvo concentraciones de oxígeno de 6,6 mg/L en precria y 6,3 mg/L en la fase de engorde, siendo este último sistema de cultivo más eficiente.

⁷² OSTRENSKY, A. e. P., D (2000). "Avaliação das taxas de crescimento de Farfantepenaeus paulensis Pérez-Farfante, 1967 em viveiros de cultivo." Archives of Veterinary Science.

⁷³ BARTHOLOMEW Green, G. H. W. (2011). "Ultimate biochemical oxygen demand in semi-intensively managed shrimp pond waters." University of Texas at Austin, Austin,.

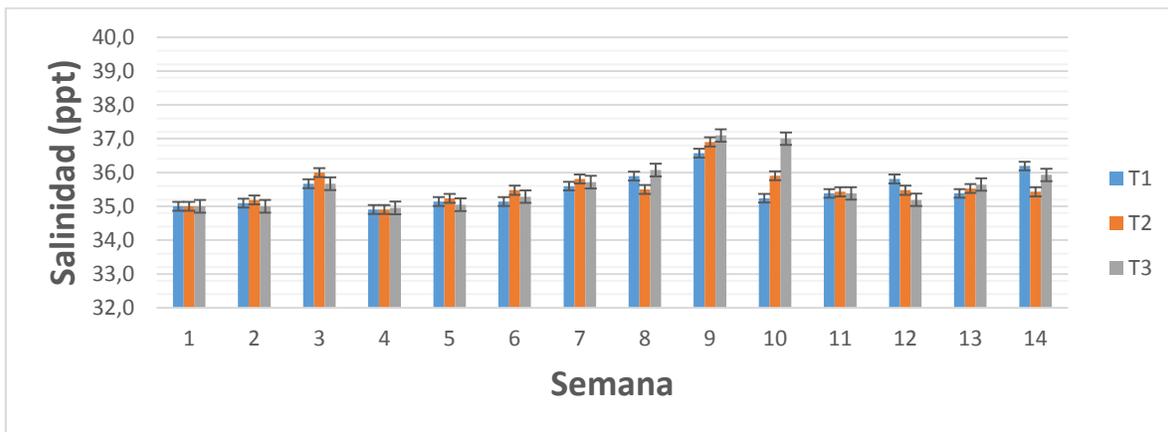
⁷⁴ SAMOCHA, T. M. (2013). "Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in High-Density Greenhouse- Enclosed Raceways Using Low Salinity Groundwater." Journal of Applied Aquaculture: 15:13-14, 11-19.

Figura 27. Comportamiento del oxígeno durante el ciclo de cultivo.



6.2.3 Salinidad. El agua que abasteció el sistema de cultivo fue captada directamente del mar 35 ppt, con tendencia a aumentar su concentración debido a su evaporación, la densidad no incidió estadísticamente sobre su comportamiento figura 28, en cuanto a los niveles adecuados, Rendón Martínez⁷⁵ reporta resultados exitosos al evaluar rendimiento del camarón blanco a salinidades desde 0,5 hasta 35 ppt, los cuales se asemejan con los recomendados por Boyd⁷⁶ que van desde 5 hasta 35 ppt, sin embargo Bartholomew⁷⁷, concluye que el mejor crecimiento de *L. vannamei* se da en una combinación de temperatura de 30 °C y una salinidad de 15 ppt.

Figura 28. Comportamiento de la salinidad en los tratamientos evaluados



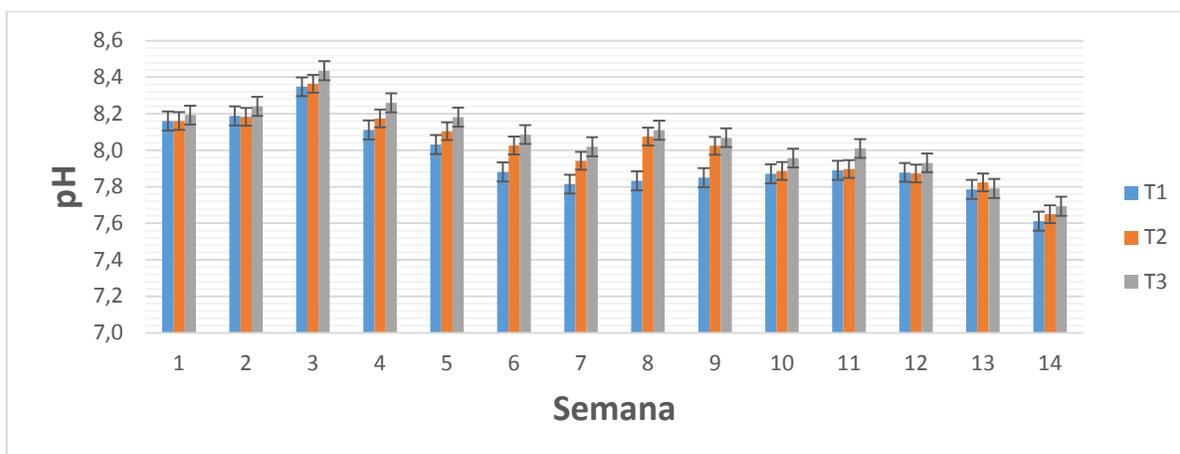
⁷⁵ MARTINEZ, L. A. R. (2008). Cultivo hiper-intensivo de camarón blanco *litopenaeus vannamei* (boone, 1931) en estanques de agua dulce y agua marina, bajo condiciones semicontroladas., Universidad Nacional Autónoma de México.

⁷⁶ BOYD, C. E. "Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón." Auburn University, Alabama 36849 USA: 30.

⁷⁷ Ibid

6.2.4 pH. Cuando sus niveles están bajos afecta el crecimiento y la supervivencia y a pH alto hace que el amonio se convierta en tóxico causando morbilidad y mortalidad de las especies *L. vannamei*, *Penaeus monodon* y *Farfantepenaeus chinenses* Wang et al⁷⁸. En el presente estudio el pH tuvo la tendencia a bajar sus niveles conforme aumenta la carga biológica en las unidades de cultivo, figura 29, la cual está directamente relacionada con la caída del oxígeno, sin embargo cuando se realizó la corrección de alcalinidad sus niveles se estabilizaban. Aunque la densidad de siembra presento variaciones estadísticas, los niveles estuvieron dentro de los rangos óptimos para la especie que van entre 6 y 9, siendo entre 7,5 y 8,5 el rango ideal Boyd⁷⁹.

Figura 29. Comportamiento del pH en los tratamientos evaluados.



6.2.5 Alcalinidad. Posterior a la ecdisis los camarones necesitan de minerales como carbonato de calcio (CaCO_3) para la construcción de su exoesqueleto, además este compuesto actúa como un buffer o amortiguador con el fin de mantener estables los niveles de pH, por lo tanto la concentración de alcalinidad tienden a bajar Boyd⁸⁰, figura 30, por lo que fue necesario la adición de fuentes de CaCO_3 para subir sus niveles. Sin embargo no se evidencio efecto de la densidad de siembra sobre el comportamiento de la alcalinidad durante el ciclo de cultivo. En promedio la alcalinidad fue de 124 mg/L de CaCO_3 , la cual está dentro de lo recomendado por Boyd⁸¹, quien sostiene los niveles de CaCO_3 deben estar por encima de 75 mg/L.

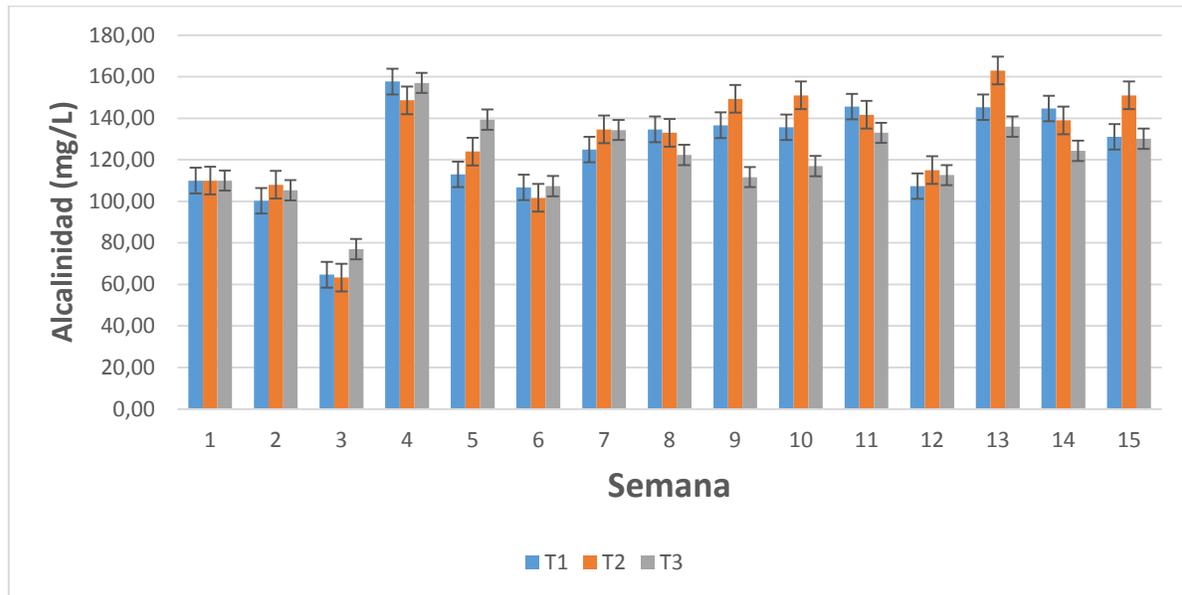
⁷⁸ WANG, Chao L. P., Kaiquan Zhang, Wujie Xu, Dahu Zhao & Lin Mei (2015). "Effects of different carbon sources addition on nutrition composition and extracellular enzymes activity of bioflocs, and digestive enzymes activity and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-exchange culture tanks." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

⁷⁹ Ibid. Pg 10

⁸⁰ Ibid. Pg 5

⁸¹ BOYD, C. E. "Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón." Auburn University, Alabama 36849 USA: 30.

Figura 30. Comportamiento de la alcalinidad en los tratamientos evaluados

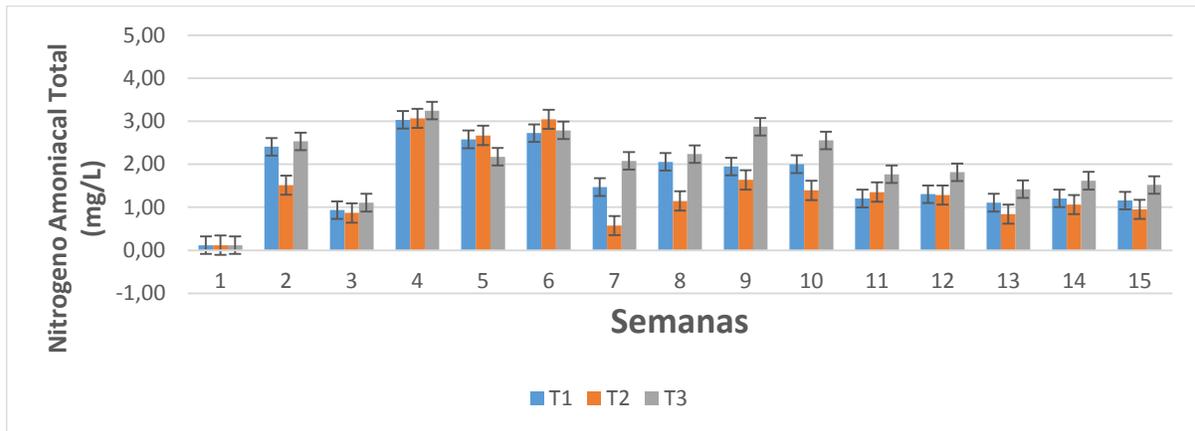


6.2.6 Nitrógeno Amoniacal Total TAN. Cuando se trabaja en sistemas extensivos y semi-intensivos los compuestos nitrogenados en el agua son de vital importancia ya que constituyen la fuente de alimento para el fitoplancton, pero en sistemas intensivos e híper-intensivos, estos son considerados como una amenaza y es necesario eliminarlos de las unidades de cultivo o convertirlos a formas simples que no causen daño. En el presente estudio se implementó la adición de probiótico comercial a base de que bacterias heterótrofas que aceleren el proceso de descomposición de compuestos nitrogenados. Los resultados de TAN reportados en el presente trabajo figura 31, están por encima de los encontrados por Wasielesky⁸², quien al evaluar diferentes concentraciones de biofloc 100%, 50% y 0% con densidad de 300 camarones/m³ encontró concentraciones de TAN de 0,47 mg/L, 0,17 mg/L y 0,13 mg/L, respectivamente. Sin embargo estos resultados corresponden a fase de precria y la carga contaminante es mucho menor, mientras que en nuestro trabajo se llevó hasta tallas comerciales (hasta 9,0 g), lo que puede explicar su mayor concentración de TAN en el agua, por otra parte los niveles encontrados se encuentran dentro delo recomendado por Boyd⁸³ quien recomienda desde 0 hasta 2 mg/L de TAN para cultivo de camarón.

⁸² WASIELESKY, W. (2006). "Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*." Rio Grande, Brazil b Waddell Mariculture Center – SC, Department of Natural Resources P.O. Box 258.

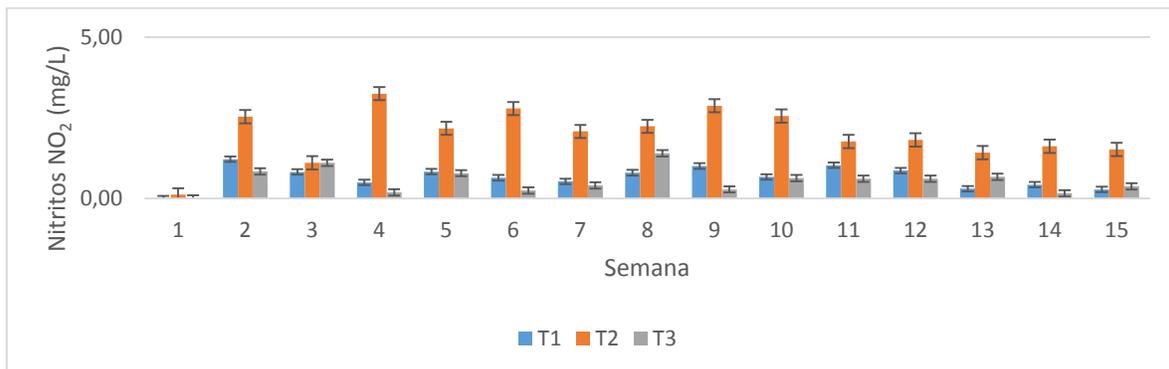
⁸³ Ibid. pg. 20-21

Figura 31. Comportamiento del TAN en los tratamientos evaluados



6.2.7 Nitritos y Nitratos. Estos compuestos tienen una relación directa con el TAN, ya que estos son sus derivados, en los tratamientos evaluados se encontró que la concentración de nitritos figura 32, está por debajo que la concentración de nitratos figura 33, lo que evidencia un eficiente ciclo realizado por las bacterias *nitrobacter sp* y *nitrosomonas sp*, Timmons⁸⁴, los niveles de nitratos se encuentran levemente por encima de lo recomendado por Boyd⁸⁵ y los nitritos se encuentran muy por encima de lo recomendado por el mismo autor, sin embargo estos rangos corresponden y se aplican para sistemas extensivos y semi-intensivos, y en nuestro caso la biomasa trabajada corresponde a densidades híper-intensivas por lo que la literatura para estos casos es inexistente. Este mismo comportamiento lo evidencio Ray⁸⁶ encontrando niveles de nitritos mayores a 8 mg/L y mayores a 20 mg/L para nitratos al trabajar con densidades de 250 camarones/m³.

Figura 32. Comportamiento del nitrito en los tratamientos evaluados.

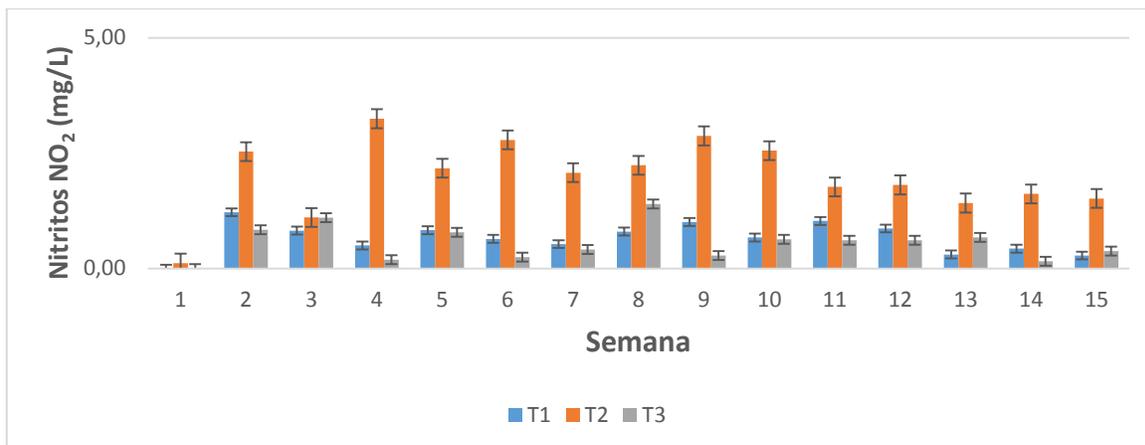


⁸⁴ TIMMONS, M., et al. (2002). Sistemas de recirculación para la acuicultura., p 23-24.

⁸⁵ Ibid.

⁸⁶ Ibid.

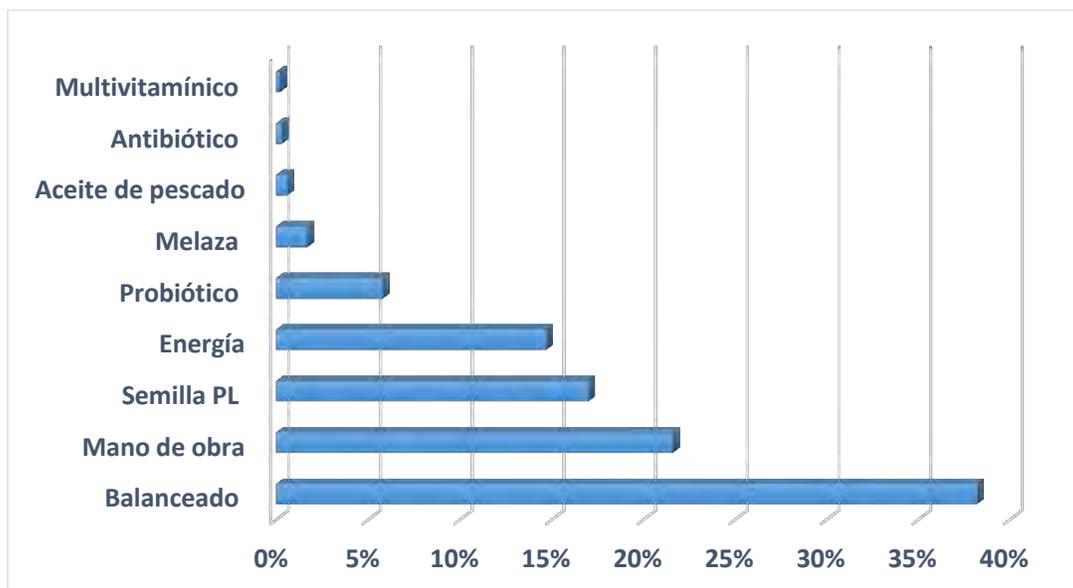
Figura 33. Comportamiento del nitrato en los tratamientos evaluados.



6.3 RELACIÓN COSTO BENEFICIO

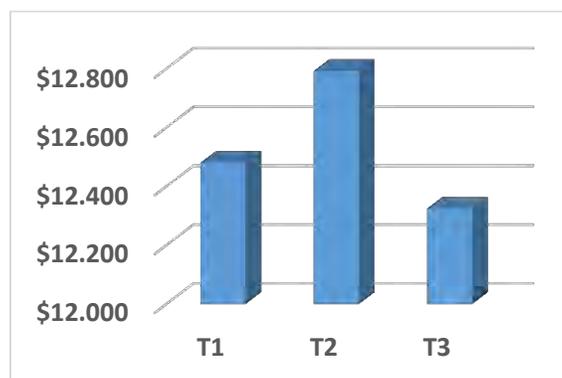
En cuanto a los costos generados en la presente investigación, el balanceado representó el mayor gasto durante el ciclo de cultivo, figura 34, por lo que un FCA eficiente es clave para obtener una disminución en los gastos de producción en sistemas de alta densidad, en el presente trabajo el T3 presentó una mayor eficiencia en cuanto a esta variable productiva.

Figura 34. Gastos de producción para todos los tratamientos evaluados.



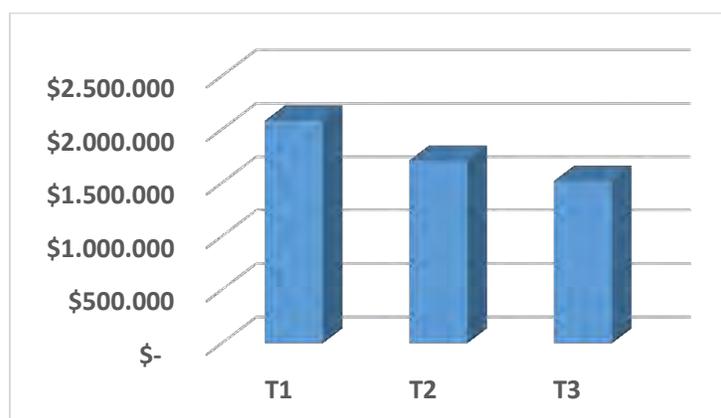
Por otra parte Martínez⁸⁷ afirma que el precio de venta del camarón depende en gran medida de su tamaño, elevando su precio a medida que este incrementa, favoreciendo nuevamente al T3 que fue el mejor peso de cosecha ($9,0\pm 0,43$ g). Aunque el precio de venta fue uniforme para las diferentes tallas cosechadas, los costos de producción por Kg de biomasa a densidad baja (300 PL/m^3) es menor en comparación los tratamientos de media densidad (500 PL/m^3) y alta densidad (700 PL/m^3), figura 35.

Figura 35. Costos de producción de un Kg de biomasa de camarón.



A pesar que el T3 presentó los menores gastos de producción por Kg de biomasa cosechada, el tratamiento de mayor densidad (T1) generó mayores utilidades ya que la cantidad de biomasa cultivada en el mismo espacio es mayor 3.2 Kg/m^3 , solventando así un posible bajo precio en el mercado, porque es posible cultivar mayor biomasa en el mismo volumen.

Figura 36. Ingresos netos por venta de camarón por tratamiento.



⁸⁷ MARTÍNEZ, L. R. Cultivo de Camarones Peneídos principios y prácticas A.G.T. Col. Escandón, México 11800 D.F, primera edición 1999, ISBN: 968-463-095-6.: 24.

La relación de costo-beneficio encontrada en el presente trabajo es aconsejable para los tres tratamientos propuestos y asegura una producción rentable de camarón en sistemas híper-intensivos. Sin embargo, Bhattacharya⁸⁸ al realizar un análisis de costo-beneficio de camarón blanco en sistemas intensivos vs un cultivo de tradicional encontró que a pesar del alto rendimiento productivo generado por los sistemas intensivos, los costos de producción y el riesgo de enfermedades los sistemas intensivos pierden ventaja comparados los sistemas tradicionales de camarón continúan reportando retornos netos positivos así sufran problemas por enfermedades.

En estudios realizados para determinar el costo-beneficio, Sánchez⁸⁹, encontraron que entre el 43% y el 53% de la capacidad total de producción es necesaria para encontrar el punto de equilibrio. Por su parte Ordoñez⁹⁰, afirman que el costo-beneficio es el punto de partida para obtener información confiable sobre el entorno que involucre el proceso de producción, estableciendo punto de control para la toma de buenas decisiones. Además Estrada Pérez et al⁹¹ desarrollaron un modelo bio-económico para programar las siembras y las cosechas alternativas que se ajusten a las mejores rentabilidades. Por lo tanto el objetivo de la implementación de estas herramientas al sector camaronero en sistemas de alta densidad permite articular las variables biológicas con las variables logísticas para tomar decisiones acertadas y finalmente mejorar su rentabilidad.

⁸⁸ BHATTACHARYA, P. (2011). "Social cost-benefit analysis of intensive versus traditional shrimp farming: A case study from India."

⁸⁹ SANCHEZ ZAZUET, Edgar. Stocking density and date decisions in semi-intensive shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) farming: a bioeconomic approach. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C. Unidad Mazatlan, Laboratory of Aquaculture Economics and Foresight, Mazatlan, Sinaloa, Mexico., p 6.

⁹⁰ORDOÑEZ., J. O. V. (2011). "Análisis del costo – beneficio de la producción de la empresa camaronera "hawái" de la ciudad de santa rosa provincia el oro periodo del 01 de enero al 31 de diciembre 2010." Ciudad de Santa Rosa Provincia el Oro.

⁹¹ ESTRADA PEREZ, Margarita. "A bio-economic approach to analyze the role of alternative seeding-harvesting schedules, water quality, stocking density and duration of cultivation in semi-intensive production of shrimp in Mexico" Universidad Autónoma de Nayarit., p 2

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- La densidad de siembra de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en sistemas hiper-intensivos, afecta inversamente el incremento de peso, la tasa específica de crecimiento y factor de conversión alimenticia, pero no influye sobre la supervivencia, y es posible lograr producciones hasta de 32 Ton/Ha/Ciclo.
- El cultivo de camarón blanco *L. vannamei* en altas densidades de siembra no afecta los parámetros de calidad del agua, sin embargo es necesario la implementación de tecnologías como los sistemas heterotróficos, que minimicen las cargas contaminantes producto de las altas biomásas en cultivo.
- El general los costos de producción de camarón blanco *L. vannamei*, en sistemas hiper-intensivos estuvieron representados en primer lugar por el balanceado con una participación del 38.2%, seguido de la mano de obra con 21,6%, semilla con 17,0% y energía con 14,7% entre los más significativos.
- El costo de producción de un Kg de biomasa de camarón en sistemas hiper-intensivos fue en promedio de \$ Mex 80.3 (\$ Col 12.093), significativamente mayor al costo de producción en sistemas extensivos y semi-intensivos, sin embargo el volumen producido por hectárea solventa su rentabilidad.
- En las tres densidades de siembra evaluadas, se encontró una relación de costo-beneficio mayor a uno, lo que indica que es viable económicamente la producción de camarón blanco *L. vannamei*, en altas densidades. Por lo tanto la producción de camarón blanco *L. vannamei*, en sistemas hiper-intensivos, es biológica, ambiental y económicamente rentable, ya que disminuye los recambios de agua, aumenta el rendimiento productivo y reduce el área de producción.

7.2 RECOMENDACIONES

- Que la Universidad de Nariño especialmente el programa de Ingeniería en Producción Acuícola, continúe realizando investigaciones relacionadas a producción de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en altas densidades y trasferir el conocimiento adquirido a los productores de esta especie.
- Estandarizar e Implementar este modelo de producción nuestra región, ya que el pacífico nariñense cuenta con condiciones ambientales ideales para su desarrollo.
- Realizar trabajos relacionados a la implementación de microorganismos heterotróficos de la región con el fin de mejorar la calidad del agua y la resistencia a enfermedades y no depender de productos comerciales.
- Iniciar investigaciones sobre nutrición y alimentación de camarón blanco *L. vannamei*, en sistemas de alta densidad con materias primas de la región con el fin de disminuir los costos de producción.
- Implementar energías renovables para los sistemas hidráulicos y de aireación y así disminuir los costos energéticos.
- Continuar realizando investigaciones entre la Universidad de Nariño y la Universidad Autónoma de Nayarit con el fin de intercambiar conocimientos y enriquecer personal y científicamente el sector acuícola

8 BIBLIOGRAFÍA

ARAGÓN (1999). "Pre-cría intensiva de Camarón blanco *Penaeus vannamei* (BOONE, 1931) a bajas temperaturas." Rev. Invest. Mar. 20 (1-3).

ARANEDA, M. e. a. (2008). "White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: Conditionstate based on length and weight. Aquaculture ": 283

ARNOLD, S. J. S., M.J.; Crocos, P.J.; Coman, G.J (2005). "Response of juvenile brown tiger shrimp (*Penaeus esculentus*) to intensive culture conditions in a flow through tank system with three-dimensional artificial substrate." Aquaculture: 246.

AUDELO NARANJO. Juan M. Comparación de la tasa de crecimiento de *Penaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivos semi-intensivos de invierno y de verano. Facultad de Ciencias del Mar. UAS. Apdo. Postal 610. Paseo Claussen s/n, Mazatlán, Sinaloa, México. Rev. Biol. Trop., 47(1-2): 119-121, 1999. 3p.

BARTHOLOMEW Green, G. H. W. (2011). "Ultimate biochemical oxygen demand in semi-intensively managed shrimp pond waters." University of Texas at Austin, Austin,.

BAUER, W. (2012). "Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*." Aquaculture 342-343: 112-116.

BHATTACHARYA, P. (2011). "Social cost-benefit analysis of intensive versus traditional shrimp farming: A case study from India."

BOYD, C. E. "consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón." Auburn University, Alabama 36849 USA: 30.

CASTAÑER, Juan A. (2014). "Análisis de costo beneficio Ejemplos de análisis sector privado". Estudios Técnicos Inc., Apartado 12144 San Juan PR 00914-0144., 21 p.

CONAPESCA (2014). "Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. Secretaria de Agricultura Ganadería Pesca y Alimentos." Mexico D.F.

CHAO WANG, L. P., Kaiquan Zhang, Wujie Xu, Dahu Zhao & Lin Mei (2015). "Effects of different carbon sources addition on nutrition composition and extracellular enzymes activity of bioflocs, and digestive enzymes activity and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in zero-exchange culture tanks." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

DELGADO, H. M. (2000). Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento de camarón blanco *litopenaeus vannamei*, (boone, 1931) cultivado en estanques rústicos, en manzanillo, colima., Universidad de Colima.

ESTRADA PEREZ, Margarita. "A bio-economic approach to analyze the role of alternative seeding-harvesting schedules, water quality, stocking density and duration of cultivation in semi-intensive production of shrimp in Mexico" Universidad Autónoma de Nayarit. 8 pp.

FABRICIO, B. (2000). Los peneidos en la acuicultura semi-intensiva, departamento de investigaciones del litoral.

FAO (2014). "Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura, Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura." Roma.

FAO (2016). "El estado mundial de la pesca y la acuicultura: contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos." Roma: 224.

FARSHAD, S. (2012). "Mixotrophic method of aquaculture."

FÓES, G. K. F., C.; Krummenauer, D.; Poersch, L.; Wasielesky Junior, W (2011). "Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities." Journal of Shellfish Research. 30: : 367-373.

FRÓES, C., Fóes, G., Krummenauer, D., Poersch, L. H., y Wasielesky, W. (2013). "Densidade de estocagem na engorda de camarão-branco cultivado em sistema de biofloc." Pesquisa Agropecuária Brasileira 48(8): 878-884.

GEORGE ALVES MODESTO, e., al (2013). "Crescimento, sobrevivência e produção de *Litopenaeus vannamei* cultivado em sistema intensivo." Departamento de Pesca e Aquicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil.

GURROLA, J. A. H. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado.

Jr., W. W. (2006). "Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*." Rio Grande, Brazil b Waddell Mariculture Center – SC, Department of Natural Resources P.O. Box 258.

KRISHNA P. V., e. a. (2015). "Growth, Survival and Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* at different stocking densities under semi intensive

culture systems in Andhra Pradesh." International Journal of Advanced Research: 446-452.

KRUMMENAUER, D. (2011). "Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities." WORLD AQUACULTURE SOCIETY 42(5): 8.

KURESHY, N., Davis, D. A. (2002). "Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*." Aquaculture: 204.

MARTÍNEZ-CÓRDOVA, M. M. P. y. E. C. J. (2009). Camaronicultura mexicana y mundial: ¿actividad sustentable o industria contaminante? Revista internacional de contaminación ambiental. Scielo. 25.

MA ZHEN, e. a. (2013). "The Effect of Three Culture Methods on Intensive Culture System of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013: 7.

MAIA E. P., e. a. (2016). "Growth, survival and production of *Litopenaeus vannamei* in intensive culture system. Pesquisa Agropecuária Pernambucana." 15-19.

MARQUEZ (2012). ". Effect of stocking density on zootechnical parameters of shrimp *Litopenaeus schmitti* culture,." Boletim do instituto de Pesca Sao Paulo.: 145-153.

MÁRQUEZ, J. E. Q. (2016). "Efeito da densidade de estocagem nos parâmetros zootécnicos da criação de camarões *litopenaeus schmitti*." bol. Inst. Pesca, são paulo,: 10.

MARTINEZ, L. A. R. (2008). Cultivo hiper-intensivo de camarón blanco *litopenaeus vannamei* (boone, 1931) en estanques de agua dulce y agua marina, bajo condiciones semicontroladas., universidad nacional autónoma de méxico.

MARTÍNEZ, L. R. Cultivo de Camarones Peneídos principios y prácticas A.G.T. Col. Escandón, México 11800 D.F, primera edición 1999, ISBN: 968-463-095-6.: 24.

MOLINA, C. y. V., Humberto (2008). "Estrategias de Alimentación en la etapa de engorda del camarón,." La Paz, B.C.S., México.

MORALES, V. y J. Cuéllar-Anjel (eds.). 2008. Guía Técnica - Patología e Inmunología de Camarones Penaeidos. Programa CYTED Red II-D *Vannamei*, Panamá, Rep. De Panamá. 270 pp.

ONU (2015). The World Population Prospects. Report. U. N. D. o. E. a. S. Affairs.

ORDOÑEZ., J. O. V. (2011). "Análisis del costo – beneficio de la producción de la empresa camaronesa “hawái” de la ciudad de santa rosa provincia el oro periodo del 01 de enero al 31 de diciembre 2010." Ciudad de Santa Rosa Provincia el Oro.

OSTRENSKY, A. e. P., D (2000). "Avaliação das taxas de crescimento de *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante, 1967 em viveiros de cultivo." Archives of Veterinary Science.

POVEDA, C. A. M. (2015). Evaluación de varias fuentes de proteína vegetal en dietas para el camarón *Litopenaeus vannamei*, Universitat Politècnica de Valencia.

PRENTU, B. I. (2016). “Aplicación de un probiótico compuesto por *Bacillus amyloliquefaciens* para mejorar el sistema inmunológico del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en sistemas de bioflóculos.”, Universidad Politécnica de Valencia.

RAMOS, C. (2012). "Aspectos biológicos y poblacionales del camarón blanco *litopenaeus vannamei* (boone 1931), durante la veda de 2006 en el golfo de tehuantepec, México." Instituto Nacional de Pesca. Centro Regional de Investigación Pesquera Salina Cruz. Prol. Playa Abierta s/n, Col. Miramar, CP 70680, Salina Cruz, Oaxaca, México.

RAY, A. J. (2011). "Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of biofloc management." Aquacultural Engineering.

RIVERA, D. A. (2013). Evaluación del efecto probiótico de los sistemas biofloc sobre la presencia de bacterias del género vibrio, crecimiento, supervivencia y estado de salud en el camarón blanco del pacífico *litopenaeus vannamei*, Universidad Nacional Autónoma de México.

RUPPERTY, E. Y. B. D. (1996). "Zoología de los invertebrados." Mc. Grae-Gill: 683.

SANCHEZ ZAZUET. Edgar. Stocking density and date decisions in semi-intensive shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) farming: a bioeconomic approach. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), A.C. Unidad Mazatlan, Laboratory of Aquaculture Economics and Foresight, Mazatlan, Sinaloa, Mexico. 14 p.

SAMOCHA, T. M. (2013). "Production of the Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in High-Density Greenhouse- Enclosed Raceways Using Low Salinity Groundwater." Journal of Applied Aquaculture: 15:13-14, 11-19.

SHAN Hongwei, e. a. (2014). "A Comparative Study of Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture on Four Bottom Substrates Without Water Change." Ocean University of China, Science Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014: 7.

SILVA, E. (2015). "Influence of stocking density on the zootechnical performance of *litopenaeus vannamei* during the nursery phase in a biofloc system.". Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 41(esp.): : 777 – 783.

SILVAS, G. A. (2013). Calidad del agua y balance de nutrientes (n y p) en el cultivo integrado de camarón blanco (*litopenaeus vannamei*), tomate (*lycopersicon esculentum*) y lechuga (*lactuca sativa*) utilizando agua de baja salinidad y cero recambio. Posgrado en ciencias del mar y limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.

TACON, A. G. J. (2002). Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. . Published by the Consortium.

TIMMONS, M., et al. (2002). Sistemas de recirculación para la acuicultura.

WENCESLAO VALENZUELA QUIÑONEZ, G. R. Q. y. H. M. E. L. (2010). Cultivo intensivo de camarón blanco *litopenaeus vannamei* (boone) en agua de pozo de baja salinidad como alternativa acuícola para zonas de alta marginación. Mexico D.F, Ra Ximhai. 6: 1-8.

9 ANEXOS

Anexo A. Siembra de postlarvas PL17.

Tratamiento	Replica	Volumen Geo M3	Densidad PL/M3	PL/Geo	Peso Prom. PL17 g	Peso PL/Geo g
T1	R1	35	700	24500	0.0048	117.6
	T2	35	700	24500	0.0048	117.6
	T3	35	700	24500	0.0048	117.6
T2	R1	35	500	17500	0.0048	84.0
	T2	35	500	17500	0.0048	84.0
	T3	35	500	17500	0.0048	84.0
T3	R1	35	300	10500	0.0048	50.4
	T2	35	300	10500	0.0048	50.4
	T3	35	300	10500	0.0048	50.4
Total				157500		756.0

Anexo B. Balanceado consumido durante el ciclo de cultivo.

Tratamiento	Replica	Kg balanceado comercial MALTACLEYTON®			TOTAL
		45%	40%	35% micro pellet	
T1	R1	8.6	64.7	98.0	171.3
	T2	9.6	62.0	105.1	176.8
	T3	11.4	61.1	97.7	170.2
T2	R1	8.7	50.6	90.2	149.5
	T2	7.5	56.6	84.2	148.2
	T3	7.5	56.6	84.2	148.2
T3	R1	3.8	33.7	62.7	100.2
	T2	5.0	35.0	70.1	110.2
	T3	4.2	38.7	60.1	102.9
Total		66.3	458.9	752.3	1277.5

Anexo C. Incremento de peso durante el ciclo de cultivo

Crecimiento de pesos promedio (Wp)						
Semana	700 PL/M3 (T1)		500 PL/M3(T2)		300 PL/M3(3)	
	Prom (g)	Des_St	Prom. (g)	Des_St	Prom.(g)	Des_St
1	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
2	0.02	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
3	0.06	0.01	0.06	0.00	0.06	0.01
4	0.14	0.05	0.11	0.01	0.12	0.02
5	0.20	0.03	0.19	0.01	0.24	0.08
6	0.40	0.10	0.34	0.08	0.56	0.01
7	0.61	0.13	0.62	0.11	0.81	0.13
8	1.08	0.09	1.03	0.11	1.56	0.19
9	1.83	0.22	1.85	0.31	2.36	0.28
10	2.14	0.13	2.15	0.15	3.03	0.24
11	2.44	0.41	2.40	0.28	3.70	0.20
12	3.90	0.25	3.45	0.18	5.41	0.73
13	4.62	0.30	4.61	0.21	6.66	0.75
14	5.33	0.25	5.55	0.30	7.90	0.62
15	6.04	0.21	6.58	0.40	8.97	0.42

Anexo D. Parámetros de calidad agua.

Oxígeno (O ₂)							
Semana	Tratamientos						
	T1		T2		T3		
	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv	
1	5.7	0.0	5.7	0.1	5.7	0.1	
2	5.7	0.1	5.7	0.1	5.7	0.0	
3	6.0	0.1	6.1	0.1	6.2	0.0	
4	5.6	0.0	5.7	0.0	5.7	0.0	
5	5.6	0.0	5.7	0.0	5.7	0.0	
6	5.4	0.0	5.5	0.1	5.5	0.0	
7	5.1	0.1	5.3	0.0	5.6	0.1	
8	5.0	0.0	5.2	0.1	5.4	0.1	
9	5.1	0.1	5.2	0.2	5.4	0.1	
10	4.8	0.1	4.9	0.1	5.0	0.1	
11	4.4	0.1	4.5	0.0	4.7	0.0	
12	4.0	0.0	4.3	0.2	4.3	0.1	
13	4.0	0.1	4.3	0.2	4.5	0.2	
14	4.0	0.1	4.0	0.0	4.2	0.0	

Temperatura (°C)

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Prom (°C)	Desv	Prom (°C)	Desv	Prom (°C)	Desv
1	27.5	0.09	27.44	0.19	27.42	0.10
2	26.7	0.10	26.61	0.23	26.53	0.06
3	25.1	0.21	24.90	0.26	24.78	0.09
4	26.5	0.15	26.28	0.21	26.09	0.06
5	26.8	0.15	26.70	0.18	26.62	0.09
6	26.6	0.19	26.42	0.26	26.23	0.08
7	26.4	0.13	26.36	0.31	25.98	0.08
8	25.7	0.07	25.74	0.37	25.44	0.18
9	24.9	0.07	24.85	0.10	24.71	0.12
10	25.9	0.42	25.45	0.17	25.39	0.10
11	26.6	0.11	26.56	0.21	26.26	0.08
12	27.1	0.27	27.03	0.23	27.00	0.11
13	26.3	0.15	26.32	0.12	26.32	0.06
14	26.4	0.15	26.33	0.12	26.31	0.07

pH.

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Promedio	Desv	Promedio	Desv	Promedio	Desv
1	8.2	0.0	8.2	0.0	8.2	0.0
2	8.2	0.0	8.2	0.0	8.2	0.0
3	8.3	0.0	8.4	0.0	8.4	0.0
4	8.1	0.0	8.2	0.0	8.3	0.0
5	8.0	0.0	8.1	0.1	8.2	0.0
6	7.9	0.0	8.0	0.0	8.1	0.1
7	7.8	0.1	7.9	0.0	8.0	0.0
8	7.8	0.1	8.1	0.2	8.1	0.0
9	7.9	0.1	8.0	0.3	8.1	0.0
10	7.9	0.2	7.9	0.0	8.0	0.0
11	7.9	0.1	7.9	0.1	8.0	0.0
12	7.9	0.0	7.9	0.2	7.9	0.2
13	7.8	0.0	7.8	0.2	7.8	0.1
14	7.6	0.1	7.7	0.1	7.7	0.1

Salinidad (ppt).

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Prom (ppt).	Desv	Prom (ppt).	Desv	Prom (ppt).	Desv
1.00	35.00	0.00	35.00	0.00	35.00	0.00
2.00	35.10	0.08	35.19	0.08	35.00	0.00
3.00	35.67	0.58	36.00	0.00	35.67	0.58
4.00	34.90	0.16	34.90	0.16	34.95	0.08
5.00	35.14	0.25	35.24	0.41	35.05	0.08
6.00	35.14	0.25	35.48	0.59	35.29	0.38
7.00	35.60	0.35	35.81	0.59	35.71	0.29
8.00	35.89	0.13	35.50	0.32	36.07	0.50
9.00	36.57	1.36	36.90	0.72	37.10	0.30
10.00	35.24	0.41	35.90	1.01	37.00	0.00
11.00	35.38	0.44	35.43	0.00	35.38	0.36
12.00	35.81	0.92	35.48	0.46	35.19	0.22
13.00	35.38	0.16	35.52	0.79	35.64	0.26
14.00	36.19	0.50	35.43	0.25	35.93	0.26

Nitrógeno Amoniacal Total

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv
1	0.12	0.00	0.12	0.00	0.12	0.00
2	2.41	0.95	1.51	1.22	2.53	0.84
3	0.93	0.65	0.87	0.82	1.11	1.10
4	3.03	0.46	3.07	0.50	3.25	0.19
5	2.58	1.17	2.67	0.83	2.17	0.79
6	2.72	1.06	3.05	0.64	2.79	0.25
7	1.47	1.59	0.57	0.53	2.08	0.41
8	2.06	0.60	1.15	0.80	2.24	1.40
9	1.95	0.47	1.64	1.01	2.87	0.28
10	2.00	0.53	1.39	0.67	2.56	0.63
11	1.20	0.61	1.35	1.03	1.77	0.61
12	1.30	0.45	1.28	0.87	1.81	0.61
13	1.11	0.23	0.84	0.31	1.42	0.68
14	1.21	0.16	1.06	0.43	1.62	0.16
15	1.16	0.12	0.95	0.28	1.52	0.38

Amonio no ionizado (NH₃)

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv
1	0.493	0.000	0.491	0.004	0.493	0.001
2	0.484	0.004	0.484	0.004	0.478	0.000
3	0.478	0.000	0.478	0.001	0.473	0.007
4	0.562	0.118	0.470	0.007	0.468	0.009
5	0.489	0.009	0.483	0.004	0.482	0.000
6	0.492	0.004	0.488	0.000	0.481	0.000
7	0.499	0.004	0.493	0.003	0.486	0.005
8	0.506	0.003	0.502	0.002	0.497	0.000
9	0.508	0.000	0.492	0.016	0.499	0.003
10	0.506	0.003	0.496	0.016	0.496	0.004
11	0.503	0.007	0.503	0.005	0.502	0.000
12	0.502	0.009	0.499	0.004	0.492	0.005
13	0.504	0.002	0.505	0.002	0.504	0.000
14	0.511	0.003	0.508	0.003	0.509	0.002
15	0.495	0.000	0.495	0.000	0.495	0.000

Nitritos (NO₂)

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv
1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
2	0.5	0.4	0.1	0.0	0.1	0.0
3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0
4	0.7	0.7	0.2	0.1	0.4	0.4
5	4.2	6.1	2.9	3.5	0.9	1.2
6	8.4	6.9	6.4	3.4	1.3	0.9
7	14.0	2.8	11.8	3.3	5.6	3.6
8	16.5	5.8	10.7	1.8	10.0	3.1
9	15.9	5.6	9.9	0.9	9.1	2.6
10	15.2	7.1	8.3	0.6	8.7	3.4
11	16.3	12.4	7.0	0.3	7.1	1.8
12	12.6	5.5	6.0	0.5	4.0	2.1
13	16.3	17.5	4.9	0.6	3.4	1.2
14	10.5	7.6	4.3	0.9	2.7	0.6
15	13.0	12.6	6.8	0.7	4.3	1.9

Nitratos (NO₃)

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv
1	3.53	0.00	3.53	0.00	3.53	0.00
2	0.64	0.23	0.71	0.19	0.68	0.02
3	0.37	0.23	0.36	0.08	0.35	0.14
4	0.88	0.54	0.65	0.10	0.94	0.60
5	4.42	5.89	2.50	1.69	1.65	1.57
6	8.50	6.82	10.63	6.22	2.30	1.45
7	15.21	2.65	14.32	2.46	6.98	3.68
8	21.37	5.11	26.14	3.94	26.70	10.73
9	20.46	3.45	21.38	2.48	27.01	7.68
10	20.91	4.28	18.17	3.70	28.34	6.72
11	21.05	8.71	14.34	6.94	22.95	5.22
12	15.24	0.89	10.24	7.36	10.17	3.51
13	17.62	16.21	13.05	11.08	12.53	9.82
14	11.91	5.96	12.24	8.51	10.64	5.98
15	12.59	12.95	13.19	9.13	12.60	6.84

Alcalinidad (CaCO₃)

Semana	Tratamientos					
	T1		T2		T3	
	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv	Prom (mg/L)	Desv
1	110.0	0.0	110.0	0.0	110.0	0.0
2	100.3	10.5	108.0	8.2	105.3	3.5
3	64.7	18.9	63.3	7.2	77.0	9.5
4	157.7	14.2	148.7	7.5	157.0	8.7
5	113.0	20.1	124.0	23.6	139.3	7.1
6	106.7	30.7	101.7	7.5	107.3	15.4
7	125.0	16.4	134.7	17.2	134.3	18.5
8	134.7	19.7	133.0	25.2	122.3	9.3
9	136.7	18.8	149.3	27.6	111.7	3.5
10	135.7	10.7	151.0	17.8	117.0	6.1
11	145.7	36.9	141.7	18.7	133.0	18.5
12	107.3	10.1	115.0	8.5	112.7	20.6
13	145.3	39.1	163.0	15.4	136.0	15.4
14	144.7	43.3	139.0	3.9	124.3	2.8
15	131.1	33.6	151.0	9.5	130.2	6.4

Anexo E. Insumos.

Tratamiento	Replica	Semilla PL 17	Alimento Kg	Melaza Kg	Antibiótico	Aceite de pescado	Multivitamínico g	Probiótico L
T1	R1	24500	171.3	24.3	73.0	1068.8	46.6	90
	R2	24500	176.8	25.4	74.1	493.8	23.3	90
	R3	24500	170.2	24.7	67.5	656.5	32.4	90
T2	R1	17500	149.5	20.7	52.4	393.3	142.7	90
	R2	17500	153.7	22.5	52.4	393.3	142.7	90
	R3	17500	148.2	19.8	13.3	60.5	2.3	90
T3	R1	10500	100.2	13.6	29.5	293.7	14.3	90
	R2	10500	110.2	14.3	34.9	364.8	14.8	90
	R3	10500	102.9	13.5	35.6	359.6	16.2	90

Anexo F. Precios insumos.

INSUMO	Unidad	Precio \$Mex	Precio \$ Col
Enro	L	\$ 0.2	\$ 35.9
Oxitetraciclina	g	\$ 0.4	\$ 66.3
Cal	kg	\$ 90.0	\$ 14,040.0
Aceite de pescado	mL	\$ 0.1	\$ 16.4
Postlarvas de Camarón	Unidad	\$ 0.1	\$ 11.7
Balanceado 45%	Kg	\$ 34.0	\$ 5,304.0
Balanceado 40%	Kg	\$ 20.3	\$ 3,166.8
balanceado 35% micro-pellet	Kg	\$ 19.8	\$ 3,088.8
Balanceado 35% pellet corto	Kg	\$ 15.6	\$ 2,433.6
Probiótico	L	\$ 5.0	\$ 780.0
MULTIVITAMINICO	G	\$ 0.3	\$ 46.8

Anexo G. Consolidado de cosecha 1.

Tratamiento	RE	NO. Org siembra	No. Org cosecha	Superv %	Promedio super %	Peso de cosecha g	Promedio peso g	Biomasa cosecha Kg	Alimento consumido Kg
T1	R1	24500	18715	76.4		5.8		109.2	171.3
	R2	24500	19200	78.4	75.5	6.0	6.0	115.7	170.2
	R3	24500	17609	71.9		6.2		110.0	176.8
T2	R1	17500	13461	76.9		6.1		82.5	149.5
	R2	17500	15479	88.5	83.1	6.9	6.6	107.0	148.2
	R3	17500	14664	83.8		6.7		98.0	153.7
T3	R1	10500	9140	87.1		9.3		84.5	110.2
	R2	10500	8110	77.2	84.8	9.2	9.0	74.3	100.2
	R3	10500	9454	90.0		8.5		80.3	102.9

Anexo H. Consolidado de cosecha 2

Tratamiento	RE	FCA	FCA Prom	TEC%	TEC %Prom	Rend. Kg/m3	RP Prom Kg/m3
T1	R1	1.6		7.2		3.1	
	R2	1.5	1.5	7.3	7.3	3.3	3.2
	R3	1.6		7.3		3.1	
T2	R1	1.8		7.3		2.4	
	R2	1.4	1.6	7.4	7.4	3.1	2.7
	R3	1.6		7.4		2.8	
T3	R1	1.3		7.7		2.4	
	R2	1.3	1.3	7.7	7.7	2.1	2.3
	R3	1.3		7.6		2.3	

Anexo I. Análisis estadísticos

Pruebas de normalidad

	Tratamiento	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Supervivencia %	1	.265	3	.	.953	3	.583
	2	.217	3	.	.988	3	.792
	3	.303	3	.	.909	3	.416
Incremento de peso g	1	.175	3	.	1.000	3	1.000
	2	.292	3	.	.923	3	.463
	3	.343	3	.	.842	3	.220
FCA	1	.385	3	.	.750	3	.000
	2	.175	3	.	1.000	3	.000
	3	.385	3	.	.750	3	.000
TEC	1	.385	3	.	.750	3	.000
	2	.385	3	.	.750	3	.000
	3	.385	3	.	.750	3	.000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
SUPER	.883	2	6	.461
PESOFINAL	1.669	2	6	.265

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
SUPER	Entre grupos	143.780	2	71.890	2.392	.172
	Dentro de grupos	180.340	6	30.057		
	Total	324.120	8			
PESOFINAL	Entre grupos	15.242	2	7.621	56.686	.000
	Dentro de grupos	.807	6	.134		
	Total	16.049	8			

Anexo J. Análisis paramétricos

SUPERVIVENCIA

HSD Tukey^a

TRAT	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
1	3	75.5667	
2	3	83.0667	
3	3	84.7667	
Sig.			.180

PESO FINAL

HSD Tukey^a

TRAT	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1	3	6.0000	
2	3	6.5667	
3	3		9.0000
Sig.		.221	1.000

Anexo K. Análisis no paramétricos

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de FCA es la misma entre las categorías de TRAT.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.055	Conserve la hipótesis nula.
2	La distribución de TEC es la misma entre las categorías de TRAT.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.033	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es .05.

Cada nodo muestra el rango promedio de muestra de TRAT.

Muestra 1-...	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.	Sig. ajust.
1-2	-2.333	2.179	-1.071	.284	.853
1-3	-5.667	2.179	-2.600	.009	.028
2-3	-3.333	2.179	-1.529	.126	.378

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la muestra 1 y la muestra 2 son iguales.
Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05.