

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



**ANÁLISIS DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO, BAJO
DIFERENTES CONDICIONES DE ALIMENTOS, PROBIÓTICOS Y DENSIDADES DE
SIEMBRA EN UN CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO
(*Litopenaeus vannamei*) EN GEOMEMBRANAS.**

PRESENTA

Ing. Pesq. Raúl Claro De Los Santos

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:
Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en el Área de
Ciencias Pesqueras.

DIRECTOR

Dr. Sergio G. Castillo Vargasmachuca

CO-DIRECTOR

Dr. Jesús T. Ponce Palafox

Xalisco, Nayarit. Junio, 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



**ANÁLISIS DE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO, BAJO
DIFERENTES CONDICIONES DE ALIMENTOS, PROBIÓTICOS Y DENSIDADES
DE SIEMBRA EN UN CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO
(*Litopenaeus vannamei*) EN GEOMEMBRANAS.**

PRESENTA

Ing. Pesq. Raúl Claro De Los Santos

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:
Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en el Área de
Ciencias Pesqueras.

DIRECTOR

Dr. Sergio G. Castillo Vargasmachuca

CO-DIRECTOR

Dr. Jesús T. Ponce Palafox

Xalisco, Nayarit. Junio, 2019

Oficio de Autorización



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/101/19.

Xalisco, Nayarit; 21 de junio de 2019.

M.C. GLORIA MACHAIN IBARRA
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
NIVEL SUPERIOR Y POSGRADO
P R E S E N T E.

Con base al oficio de fecha 13 de junio del presente, enviado por los CC. Dr. Sergio Gustavo Castillo Vargasmachuca, Dr. Jesús Trinidad Ponce Palafox, Dr. José Armando López Sánchez y Dr. Guillermo Rodríguez Domínguez, donde se indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha finalizado con los demás requisitos que establece nuestra institución, se autoriza al Ing. Raúl Claro De Los Santos, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias en el Área de Ciencias Pesqueras.

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Por lo Nuestro a lo Universal"

Dr. J. Diego García Paredes
Coordinador del Posgrado



C.c.p.- Expediente

&mefm

Unidad Académica de Agricultura. Carretera Tepic-Compostela Km. 9. C.P. 63780. Xalisco, Nayarit. Tels. (311)2-11-01-28 y 2-11-11-63 Posgrado (CBAP) 2-11-24 78.

Oficio de Conformidad del Comité Tutorial

Bahía de Matanchén, San Blas Nayarit., 13 de Junio del 2019

ASUNTO: Visto bueno de Tesis

DR. JUAN DIEGO GARCÍA PAREDES
COORDINADOR DEL POSGRADO CBAP
P R E S E N T E:

Por este conducto, el Comité de Tesis del alumno de Maestría ING. RAÚL CLARO DE LOS SANTOS, nos permitimos hacer constar que su trabajo de tesis ha sido revisado y cumple los requisitos suficientes para ser presentado en su examen de grado.

Con la observación de que su título original: Efecto de los tipos de alimento, probióticos y la densidad de siembra de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) sobre la calidad del agua, en un sistema de cultivo superintensivo. Cambia a: Análisis de los compuestos nitrogenados y fosforo bajo diferentes condiciones de alimentos, probióticos y densidad de siembra en un cultivo superintensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

Sin otro en particular agradezco de antemano la atención a la presente, reiterándome de usted como su atento y seguro servidor.


ATENTAMENTE
"POR LO NUESTRO A LO UNIVERSAL"


DR. SERGIO G. CASTILLO VARGASMACHUCA
DIRECTOR DE TESIS


DR. JESÚS T. PONCE PALAFOX
CO-DIRECTOR DE TESIS


DR. JOSÉ ARMANDO LÓPEZ SÁNCHEZ
ASESOR


DR. GUILLERMO RODRÍGUEZ DOMÍNGUEZ
ASESOR

Recibido
13/Junio/2019


DEDICATORIA

Dedico este trabajo y esfuerzo
A quién me motivo y apoyo a cumplir una meta más.

Ericka Lilian Abrego Laguna

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por acompañarme y bendecirme día a día.

A mi **Familia**, por su apoyo incondicional para alcanzar mis metas.

A la **Universidad Autónoma de Nayarit (UAN)**, en especial al **Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias**, por darme la oportunidad de estudiar en este posgrado.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico para esta investigación al otorgarme la beca de maestría para culminar este trabajo.

A mi director **Dr. Sergio G. Castillo Vargasmachuca** por compartirme su conocimiento y su orientación desde el inicio de la investigación hasta su final. Gracias.

A mi Co-director **Dr. Jesús T. Ponce Palafox**, por la confianza depositada y aporte científico que me permitió un buen aprovechamiento.

Al **Dr. José Armando López Sánchez**, agradezco su contribución en los seminarios y el apoyo otorgado en la redacción del documento.

A los estudiantes de la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, próximos Ingenieros Pesqueros; **Sarabia Barrios José Enrique** y **Marlone Yasser Siordia Medina** por su disponibilidad y esfuerzo durante la fase experimental de este trabajo.

A la Ing. Pesq. **Delia Rodríguez Olague**, por su valiosa amistad y apoyo durante el desarrollo de los cultivos.

A la Dra. **Angélica Vianey Carvajal Garcia**, por su colaboración y paciencia al poner a mi disposición sus conocimientos y amistad. Y sobre todo apoyarme en la redacción y elaboración de este documento.

A todos mis compañeros del **Laboratorio de Bioingeniería Costera** de la Universidad Autónoma de Nayarit al M en C. **Eulalio Arambul Muñoz**, Ing. **Genaro Alvarado Rodriguez**, **Jesús Zavalza Plazola** y **Julio Cesar Montes Ramirez**, por su colaboración y ayuda técnica para la realización de este trabajo

Con absoluta sinceridad, mi agradecimiento a todos y cada uno de los que mencioné y a todos aquellos que de momento se me escapan, ya que con su aporte hicieron posible este trabajo.

¡Muchas gracias!

CONTENIDO	
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	X
CAPÍTULO 1	X
CAPÍTULO 2	X
CAPÍTULO 3	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
CAPÍTULO 1	XI
CAPÍTULO 2	XI
CAPÍTULO 3	XII
INTRODUCCIÓN GENERAL	17
JUSTIFICACIÓN	22
HIPÓTESIS	23
OBJETIVOS	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos	23
CAPITULO 1. EVALUAR EL EFECTO DE TRES ALIMENTOS COMERCIALES (CON HARINA DE PESCADO, SIN HARINA DE PESCADO Y FORMULA ESPECIAL HIPERINTESIVOS) SOBRE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO, EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO.	24
RESUMEN	24
ABSTRACT	25
1.1 INTRODUCCIÓN	26
1.2 MATERIALES Y MÉTODOS	28
1.2.1 Área de estudio	28
1.2.2. Procedencia del material biológico.	28
1.2.3 Unidades experimentales.	29
1.2.4 Diseño experimental.	30
1.2.5 Alimentación.	30
1.2.6 Análisis de compuestos nitrogenados.	31
1.2.7 Parámetros zootécnicos.	32
1.2.8 Análisis de composición química proximal del camarón.	33
1.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	33
1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34

1.4.1	Análisis de composición química proximal del alimento.	34
1.4.2	Análisis proximal (Media \pm DE) de los organismos cultivados durante 96 días de cultivo.	35
1.4.3	Compuestos nitrogenados.	35
1.4.4	Parámetros zootécnicos.	45
1.5	CONCLUSIÓN	47
1.6	REFERENCIAS.....	48
CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRES MEZCLAS PROBIÓTICOS COMERCIALES SOBRE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO, EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO.		52
	RESUMEN	52
	ABSTRACT.....	54
2.1	INTRODUCCIÓN	55
2.2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
2.2.1	Unidades experimentales.	56
2.2.2	Composición de los probióticos.	57
2.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	62
2.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
2.5	CONCLUSIÓN	72
2.6	REFERENCIAS.....	73
CAPÍTULO 3. LOS EFECTO DE TRES DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA DE CAMARÓN (300, 500 Y 700 ORG/M³) SOBRE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO.		77
	RESUMEN	77
	ABSTRACT.....	78
3.1	INTRODUCCIÓN	79
3.2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	82
3.2.1	Unidades experimentales.	82
3.2.2	Análisis de compuestos nitrogenados y fósforo.....	82
3.2.3	Parámetros zootécnicos.	83
3.2.4	Alimentación.	83
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	83
3.4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84
3.4.1	Compuestos nitrogenados.	84

3.4.2 Parámetros zootécnicos.....	86
3.5 CONCLUSIÓN	90
3.6 REFERENCIAS.....	91
CONCLUSIÓN GENERAL.....	96
BIBLIOGRAFÍA GENERAL	97

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. 1 Ubicación del Laboratorio de Bioingeniería Costera, U. A. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera	28
Figura 1. 2 Geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE), utilizadas para el cultivo de camarón.	29
Figura 1. 3 Alimentación en comederos basada en el porcentaje de la biomasa total.	31
Figura 1. 4 Muestreos biométricos semanales.	32
Figura 1. 5 Muestreo de calidad de agua	31
Figura 1. 6 Variación promedio de la temperatura en cada tratamiento durante el desarrollo del cultivo de camarón.	37
Figura 1. 7 Variación promedio del oxígeno disuelto en cada tratamiento durante el desarrollo del cultivo de camarón.	38
Figura 1. 8 Variación promedio de pH en cada tratamiento durante el desarrollo del cultivo de camarón.	39
Figura 1. 9 Variación promedio de la concentración de nitrógeno amoniacal total (TAN) de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	40
Figura 1. 10 Variación promedio de la concentración de nitrógeno amoniacal no ionizado (NH ₃) de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	41
Figura 1. 11 Variación promedio de la concentración de nitrito de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	42
Figura 1. 12 Variación promedio de la concentración de nitrato de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	43
Figura 1. 13 Variación promedio de la concentración de fosfato de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	44
Figura 1. 14 Variación promedio de la concentración de fosfato de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	44
Figura 1. 15 Variación promedio de la concentración de alcalinidad de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	45

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 Siembra de postlarvas de camarón blanco en geomembranas del Laboratorio de Bioingeniería Pesquera	56
Figura 2. 2 Muestreo para dar seguimiento al incremento del número de células por mililitro de las mezclas probióticas en el agua de cultivo de camarón.	57
Figura 2. 3 Mezcla probiótica SrimpShield™, empresa Keeton Industries.	58
Figura 2. 4 Mezcla probiótica Pro 4000X®, de la empresa AquaInTech Inc.	58
Figura 2. 5 Mezcla probiótica Micropan Aqua-Combi®, producto fabricado por EVIROVIX SpA.	59

Figura 2. 6 Análisis de compuestos nitrogenados y fósforo en el agua del cultivo de camarón.	60
Figura 2. 7 Muestreo de temperatura y oxígeno en el agua del cultivo de camarón.	60
Figura 2. 8 Evaluación de la Tasa específica de crecimiento (TEC) de los camarones cultivados.	61
Figura 2. 9 Contabilización de los organismos cosechados para determinar la supervivencia de cada geomembrana.....	61
Figura 2. 10 Crecimiento semanal del camarón, aplicándole distinto tipo de probiótico (T1= Shrimphied, T2= Pro 4000X, T3= Aquacombi).....	65
Figura 2. 11 Comportamiento del número de células de tres probióticos comerciales en un cultivo superintensivo de camarón.	66
Figura 2. 12 Correlación de Pearson ($P < 0.05$) entre el pH y el número de células del tratamiento T3.	67
Figura 2. 13 Promedio de variables del tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	70
Figura 2. 14 Variación promedio de variables de calidad de agua de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.....	71

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1 Muestreo de pH y salinidad en las geomembranas del cultivo de camarón.	82
Figura 3. 2 Promedio de variables de calidad de agua de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.	89

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1. 1 Valores nutricionales de los tres tipos de alimento.....	30
Tabla 1. 2 Composición química proximal de alimento	34
Tabla 1. 3 Análisis proximal de los camarones cultivados.	35
Tabla 1. 4 Parámetros zootécnicos del cultivo de camarón	45
Tabla 1. 5 Resultados de las variables de calidad del agua del cultivo del camarón	36

CAPÍTULO 2

Tabla 2. 1 Parámetros fisicoquímicos del agua de cultivo.....	63
Tabla 2. 2 Efecto de los probióticos en las variables zootécnicas.....	64
Tabla 2. 3 Correlación de Pearson entre el número de células/ml y las variables de la calidad del agua.	66

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1 Parámetros zootécnicos del cultivo de camarón	87
Tabla 3. 2 Resultados de las variables de calidad del agua del cultivo del camarón	84

RESUMEN GENERAL

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de variables de los compuestos nitrogenados y fósforo durante el desarrollo del cultivo de camarón. Se realizaron tres experimentos independientes con tres tratamientos por triplicado, donde se utilizaron geomembranas circulares de polietileno de alta densidad (HDPE) con un volumen de manejo de 35 m³.

Experimento 1; se evaluó el efecto de tres tipos de alimentos comerciales sobre los compuestos nitrogenados y fósforo: a) Alimento fórmula especial Api-Camarón[®] Hiperintensivo de la empresa Maltacleyton[®] del 40% al 35% proteína, a base de harina de calamar y pescado (T1). b) Alimento Silver Cup El Pedregal[®] formulado a base de harina animal y vegetal con un contenido proteico del 45% al 28% de proteína (T2). c) Alimento Maltacleyton[®] mediana densidad del 40% al 25% de proteína, formulado con harina de pescado (T3). Respecto a los resultados de la calidad del agua, la temperatura se mantuvo en una media de 31 °C, la concentración del oxígeno fue mayor que los 5 mg/L, la salinidad fue constante durante todo el ciclo de cultivo con una media de 30.3 UPS y el pH osciló entre los 7.5 y 7.6, solo se encontraron diferencias significativas en la alcalinidad ($p < 0.05$), los tratamientos T1 y T2 presentaron básicamente el mismo comportamiento, sin embargo el tratamiento T3 presentó las menores concentraciones (89.3 ± 22.24 mg/L). La supervivencia de los tratamientos osciló entre los 70.1% y 71.4%, no se registraron diferencias significativas ($p > 0.05$), a sí mismo, en las variables Tasa Específica de Crecimiento (6.83% a 6.93%) y Factor de Conversión Alimentaria (1:1.26 a 1:1.39). **Experimento 2;** Se analizaron tres mezclas probióticas comerciales sobre los compuestos nitrogenados y fósforo: a) SrimpShield[™] (T1), producto de la empresa Keeton Industries, cada gramo contiene 2.0 billones de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g). b) Pro 4000X[®] (T2) de la empresa AquaInTech Inc, cada tableta contiene un mínimo de 64 billones de unidades formadoras de colonias (UFC/g). c) Micropan Aqua-Combi[®] (T3), producto fabricado por EVIROVIX SpA, con una concentración bacteriana de $5,0 \times 10^5$ unidades formadoras de colonia (UFC/ g). La temperatura, salinidad y oxígeno no fueron

significativamente diferentes ($p < 0.05$) en los tratamientos. Sin embargo, el pH presentó diferencias entre el tratamiento ShrimpShield™ y AquaCombi® (8.05 ± 0.2 , 8.11 ± 0.2). Con relación a las concentraciones de alcalinidad, el tratamiento ShrimpShield™ fue significativamente diferente ($p < 0.05$) 133.12 ± 10.89 mg/L, en comparación con el tratamiento Pro 4000X®, 159.29 ± 14.98 mg/L el cual registró los valores máximos. En los tres tratamientos los valores de (NO_2), fueron mayores 6.98 ± 4.88 , 6.40 ± 4.29 y 5.81 ± 4.1 mg/L, lo mismo sucedió con los valores de fósforo total (PT) y fosfatos (PO_4) aunque no registraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento AquaCombi® presentó el mayor crecimiento al tiempo de cosecha con 8.26 ± 1.22 g, seguido del tratamiento ShrimpShield™ con 6.62 ± 0.734 g y finalmente, el tratamiento Pro 4000X® con 5.61 ± 0.995 . En cuanto a la TCE presentó $7.63 \pm 0.0.20$. La mayor supervivencia se observó en el tratamiento ShrimpShield™ ($80.30 \pm 3.604\%$), mientras el tratamiento Pro 4000X® presentó la menor supervivencia con $70.03 \pm 2.9\%$.

Experimento 3; Se evaluó el efecto de tres diferentes densidades de siembra sobre los compuestos nitrogenados y fósforo: a) Densidad 300 org/m^3 (T1). b) Densidad 500 org/m^3 (T2). c) Densidad 700 org/m^3 (T3). La temperatura media fue de 27.07 °C, mientras que las concentraciones mínimas de oxígeno se registraron en el tratamiento T2 y T3 (5.20 mg/L), la salinidad se mantuvo en una media de 33.63 UPS. Las condiciones más ácidas (pH) se registraron en los tratamientos T2 y T3 (7.89 - 7.99 respectivamente), en las variaciones de los compuestos nitrogenados se registraron diferencias significativas en NO_2 , las máximas concentraciones de NO_2 se observaron en los tratamientos T1 y T2 (0.050 - 0.048 mg/L respectivamente), el T3 presentó las mínimas concentraciones (0.041 mg/L). La supervivencia fue mayor en el T1 (91.4%), mientras que el T2 y el T3 presentaron supervivencias de 74.03% y 65.02% respectivamente. La mayor ganancia de peso semanal (0.70 g) y el mejor FCA ($1.15:1$). La tasa específica de crecimiento (TEC) también fue afectada por las densidades de siembra, la mayor TEC se registró en los tratamientos T1 y T2 (9.77% y 9.51% respectivamente), mientras que la menor se observó en el T3 (9.14%).

ABSTRAC

The objective of the present investigation was to evaluate the behavior of nitrogen compounds and phosphorus variables during the development of the shrimp culture. Three independent experiments were carried out with three treatments in triplicate, where nine circular high-density polyethylene (HDPE) geomembranes were used with a handling volume of 35 m³, each equipped with four aerating hoses joined to a mother line supplied by two blowers 4.5 HP that will maintain constant aeration throughout the crop. **Experiment 1;** Effect of three types of commercial foods on nitrogen compounds and phosphorus: a) Special formula food Api-Camarón[®] Hiperintensivo from the company Maltacleyton[®] from 40% to 35% protein, based on fish and squid meal (T1). b) Silver Cup Food, The Pedregal[®] formulated based on animal and vegetable flour with a protein content of 45% to 28% protein (T2). c) Maltacleyton[®] medium density food from 40% to 25% protein, formulated with fishmeal (T3). Regarding the results of water quality, the temperature was maintained at an average of 31 °C, the oxygen concentration was higher than 5 mg/L, the salinity was constant throughout the crop cycle with an average of 30.3 UPS and pH ranged between 7.5 and 7.6, only significant differences were found in alkalinity ($p < 0.05$), T1 and T2 treatments showed basically the same behavior, however treatment T3 had the lowest concentrations (89.3 ± 22.24 mg / L). The survival of the treatments ranged between 70.1% and 71.4%, there were no significant differences ($p > 0.05$), to oneself, in the variables TEC (6.83% to 6.93%) and FCA (1:1.26 to 1:1.39). **Experiment 2;** Evaluate three commercial probiotic mixtures on nitrogenous compounds and phosphorus: a) ShrimpShield[™] (T1), product of Keeton Industries, each gram contains 2.0 trillion Colony Forming Units (CFU / g). b) Pro 4000X[®] (T2) from AqualnTech Inc, each tablet contains a minimum of 64 billion colony-forming units (CFU/g). c) Micropan Aqua-Combi[®] (T3), product manufactured by EVIROVIX SpA, with a bacterial concentration of 5.0×10^5 colony forming units (CFU / g). The temperature, salinity and oxygen were not significantly different ($p < 0.05$) in the treatments. However, the pH presented differences between the ShrimpShield[™] and

AquaCombi[®] treatment (8.05 ± 0.2 , 8.11 ± 0.2). Regarding the alkalinity concentrations, the ShrimpShield[™] treatment was significantly different ($p < 0.05$) 133.12 ± 10.89 mg/L, compared to the Pro 4000X[®] treatment, 159.29 ± 14.98 mg/L which registered the maximum values. In the three treatments the values of (NO₂), were higher 6.98 ± 4.88 , 6.40 ± 4.29 and 5.81 ± 4.1 mg/L, the same happened with the values of total phosphorus (PT) and phosphates (PO₄) although they did not register significant differences ($p > 0.05$) between the treatments. The AquaCombi[®] treatment showed the highest growth at harvest time with 8.26 ± 1.22 g, followed by the ShrimpShield[™] treatment with 6.62 ± 0.734 g and finally, the Pro 4000X[®] treatment with 5.61 ± 0.995 . Regarding the TCE, it presented 7.63 ± 0.20 . The longest survival was observed in the ShrimpShield[™] treatment ($80.30 \pm 3.604\%$), while the Pro 4000X[®] treatment had the lowest survival with $70.03 \pm 2.9\%$. **Experiment 3;** Effect of three different sowing densities on nitrogen compounds and phosphorus: a) Density 300 org / m³ (T1). b) Density 500 org / m³ (T2). c) Density 700 org / m³ (T3). The average temperature was 27.07 °C, while the minimum concentrations of oxygen were recorded in the treatment T2 and T3 (5.20 mg / L), the salinity remained at a mean of 33.63 UPS. The most acidic conditions (pH) were recorded in the treatments T2 and T3 (7.89-7.99 respectively), in the variations of the nitrogenous compounds there were significant differences in NO₂, the maximum concentrations of NO₂ were observed in the treatments T1 and T2 (0.050-0.048 mg / L respectively), T3 presented the minimum concentrations (0.041 mg / L). Survival was higher in T1 (91.4%), while T2 and T3 showed survival of 74.03% and 65.02% respectively. The greatest weekly weight gain (0.70 g) and the best FCA (1.15: 1). The specific growth rate (TEC) was also affected by planting densities, the highest TEC was recorded in the T1 and T2 treatments (9.77% and 9.51% respectively), while the lowest was observed in T3 (9.14%).

INTRODUCCIÓN GENERAL

La acuicultura es una industria que se ha convertido en una de las alternativas con mayor viabilidad económica para la producción de alimento, apoyándose en técnicas y procesos sobre los cuales se cultivan organismos acuáticos en condiciones controladas (Guerrero *et al.*, 2004; Montemayor *et al.*, 2005). De acuerdo con la FAO (2016), los camarones peneidos son las principales especies de crustáceos cultivadas en el mundo por lo que constituyen una importante fuente de recursos económicos para muchos países, así mismo, en las últimas décadas, la expansión de las actividades de acuicultura viene acompañada de la intensificación de los cultivos.

La calidad del agua es un factor fundamental en la acuicultura, puesto que de ella dependerá que el desarrollo de los organismos cultivados sea óptimo, así como los rendimientos que se esperan lograr, debido a que el agua tiene influencia en los tres niveles básicos, la reproducción, el crecimiento y la supervivencia. Por lo tanto, la disponibilidad del agua con calidad adecuada es importante para todos los sistemas de producción, aunque fundamentalmente lo es en el caso de los cultivos superintensivos. La calidad del agua representa uno de los principales problemas que afectan diariamente a los cultivos de cualquier tipo de especie (Boyd y Musing, 1992), esto comprende todas las características físicas, químicas y biológicas que afectan la producción acuícola (Boyd, 1990). Asimismo, existen parámetros físico-químicos que tienen más impacto ambiental y que a su vez, aportan información para detectar estados críticos de la calidad del agua, convirtiéndose en un caso de estudio (Boyd y Musing, 1992; Hirono, 1992). El propósito principal del manejo de la calidad del agua de cualquier sistema acuícola es regular y mantener las condiciones óptimas para la supervivencia y crecimiento de los organismos en condiciones de cultivo (Martínez, 1999).

La producción de camarón está sujeta a grandes variaciones, tanto por las amenazas de la bioseguridad, la nutrición y alimentación de los organismos cultivados como por

la alteración de la calidad del agua y el suelo de los estanques (Villareal, 2011). Dado que los cultivos particularmente los sistemas intensivos, reciben una gran cantidad de alimento artificial (Tacon, *et al.*, 2002) y mantienen una alta biomasa de camarón, en los estanques se pueden llegar a presentar floraciones excesivas de fitoplancton bajas concentraciones de oxígeno y niveles elevados de amonio, ocasionando una condición de estrés para el camarón, lo que resulta en una baja sobrevivencia y producciones (Boyd, 2003).

Optimizar la utilización del alimento balanceado puede resultar en el mejoramiento de la calidad del agua y reducir la necesidad de hacer recambios (Boyd y Tucker, 1998; McIntosh *et al.*, 2001). De todo el alimento adicionado en estanques camaroneros comerciales, sólo del 25 al 45% del nitrógeno, del 20 al 30% del fósforo y del 10 al 15% del carbono son convertidos en tejido del camarón (Funge y Briggs, 1998; Martin *et al.*, 1998; Teichert-Coddington *et al.*, 2000; Saldias, 2001; Jackson *et al.*, 2003). El resto es aprovechado por la microflora de los estanques de producción, o se acumula como nutrientes inorgánicos que pueden llegar a concentraciones tóxicas para el animal en cultivo. La cantidad de amonio excretado por peces y camarones, así como el nivel de sólidos suspendidos totales, están directamente relacionados con la cantidad de nitrógeno suplido por el contenido de proteína en la dieta y con la tasa de alimentación (Samocha *et al.*, 1998).

Actualmente los bajos precios establecidos en los mercados internacionales de venta de camarones, obligan a quienes se dedican a su cultivo a buscar nuevas fórmulas para maximizar su producción a bajo costo. El sector productor de camarón ha ensayado varias estrategias para incrementar las producciones, tratando de establecer metodologías menos costosas y efectivas, una de ellas ha sido la implementación de sistemas intensivos de cultivo en estanques relativamente pequeños. La ventaja de los sistemas intensivos es que permiten alcanzar niveles altos de producción en menor área de cultivo, pero requieren de altas inversiones económicas para su desarrollo (gastos para adecuaciones de estanques, alimento de alta calidad, sistema de aeración, y para mantener la calidad del agua y suelo).

Existen reportes en los que la producción en estos sistemas ha dado excelentes resultados, con rendimiento sostenible en el tiempo por encima de 10.000 kg/ha/ciclo (Samocha *et al.*, 1998; Velasco *et al.*, 1998; McIntosh *et al.*, 2000; McIntosh *et al.*, 2001; Burford *et al.*, 2003; Tacon *et al.*, 2002). En el futuro los cultivos intensivos tomarán más importancia (Thakur y Lin, 2003), sin embargo, sus retos serán entender los procesos ecológicos subyacentes que permitan lograr de manera repetible altos niveles de producción a menor costo.

Varios son los mecanismos empleados en los sistemas intensivos para mantener una relación amigable con el medio ambiente. Generalmente, se recomienda operarlos con cero recambios de agua (Burford *et al.*, 2003), lo que les permite desasociarse completamente de su dependencia de la zona costera (McNeil, 2001). Un sistema sin recambio de agua evita problemas asociados con sistemas abiertos, como: 1.- descarga de efluentes durante los recambios de agua, limitando la descarga de aguas ricas en nutrientes al ambiente; 2.- riesgo de introducir patógenos en aguas contaminadas; 3.- costo asociado con el bombeo de agua. Sin embargo, los sistemas cerrados se caracterizan por una rápida eutrofización del agua de los estanques, como resultado del aumento de las concentraciones de nutrientes y materia orgánica sobre el periodo de cultivo (Thakur y Lin, 2003). Estos nutrientes acumulados en el sistema proporcionan el crecimiento de microorganismos, que, a su vez, pueden servir de alimento natural y contribuir al crecimiento del camarón, pero en exceso ocasionan problemas para los organismos cultivados como estrés, bajo crecimiento y disminución en el consumo de alimento (Molina, 1998; Martínez *et al.*, 2002).

Algunos de los problemas con la calidad del agua provienen de la lixiviación de nutrientes del alimento, varios estudios han demostrado que el aprovechamiento del alimento artificial por parte del camarón es pobre. Aproximadamente, sólo un 20% de los nutrientes aportados con el alimento artificial terminan en el tejido del camarón, un 15% del alimento no es consumido y un 20% es excretado (Funge y Briggs, 1998; Martin *et al.*, 1998; Teichert-Coddington *et al.*, 2000; Saldias, 2001).

Cerca del 45% de los nutrientes, es utilizado por los camarones en procesos de muda, mantenimiento de energía y otros procesos fisiológicos (Horowitz y Horowitz, 2001). Focken *et al.* (1998) recomiendan optimizar la formulación del alimento y frecuencias de alimentación para evitar el deterioro de la calidad del agua y polución de los efluentes por el alimento no consumido. Además, los procesos involucrados en la producción de los balanceados influyen en su estabilidad y tiempo de disponibilidad una vez suministrado al camarón (Molina-Poveda, 1998; Smith *et al.*, 2002). Estos factores tienen un substancial efecto en la cantidad de desechos producidos a través de la fragmentación del pellet, pérdidas por lixiviación y cantidad de alimento no consumido o digerido.

En años recientes se han desarrollado sistemas de cultivo superintensivos, estos sistemas se llevan a cabo principalmente en tanques de concreto o plástico, o en estanques pequeños (<1ha) recubiertos con geomembrana, plástico en invernaderos y se manejan altas densidades de siembra >200 org/m², (Ray, 2011). Una de las estrategias empleadas en sistemas superintensivos para mantener la calidad del agua, es la remoción de compuestos nitrogenados a través de inclusión en proteínas microbianas, que a su vez pueden servir de alimento para el camarón (McIntosh *et al.*, 2000). Las bacterias generalmente contienen 10% de nitrógeno y 50% de carbono en base a materia seca, con una eficiencia de asimilación de carbono del 5% (Boyd, 2001), por lo que una relación de 5C:1N en la materia orgánica asegura su total descomposición (Boyd y Tucker, 1998).

La alta densidad de siembra en estos sistemas de cultivo implica una alta tasa de alimentación, que se traduce en gran cantidad de materia orgánica, esta debe mantenerse suspendida en la columna de agua mediante una fuerte agitación, para impedir su sedimentación y favorecer su exposición a las bacterias aeróbicas. Las bacterias heterotróficas se encargan de captar los complejos nitrogenados liberados por los organismos cultivados y utilizarlos en su crecimiento, eliminando de esta manera la toxicidad por amonio y nitritos (Ebeling *et al.*, 2006). Malas condiciones de la calidad del agua y suelo en los estanques actúan como un factor que predispone

al animal a ser susceptible a bio-agresores (Baudin-Laurenncin y vignuelle, 1994). Las enfermedades que han atacado a los cultivos de camarón en todo el mundo, como el virus de la mancha blanca (WSSV), el síndrome del taura (TSV), la necrosis hipodérmica y hematopoyética (INHHV) y el síndrome de la cabeza amarilla (YHV), han ocasionado a la industria pérdidas billonarias y disminución de empleos e ingresos por exportaciones (Laghter y Pantoja, 2001), problemas que se han visto agravados recientemente con la aparición del síndrome de la mortalidad temprana (EMS).

Como alternativa, para aminorar el impacto de estas enfermedades infecciosas se han impulsado los sistemas de cultivos súperintensivos de camarón en tinas de geomembranas así como en raceways, estas granjas de cultivo súperintensivos, tienen ventajas sobre otros sistemas cerrados de producción, pues, con cero recambio de agua, se reducen los costos de bombeo, se conservan nutrientes en los tanques, se reduce el volumen de los efluentes, se previene la entrada de contaminantes biológicos y patógenos, y se minimiza el escape de los organismos de cultivo al ambiente (Hargreaves, 2006). Los sistemas cerrados de producción intensiva se perciben como una alternativa para aumentar la producción de organismos acuáticos sin incrementar significativamente el uso de agua y tierras, lo que minimiza el impacto de la actividad acuícola sobre el ambiente (Avnimelech, 2006).

JUSTIFICACIÓN

La tendencia mundial en la industria del cultivo de camarón está dirigida hacia la intensificación de los cultivos que propicien el desarrollo de nuevas alternativas de producción, esto hace que las prácticas de cultivo de camarón sea más compleja por las tecnologías aplicadas (alimentos nutricionalmente completos, probióticos, densidades de siembra y aireación mecánica e intercambio de agua), estos sistemas de producción superintensiva se perciben como una alternativa para aumentar la producción de organismos acuáticos sin incrementar significativamente el uso de áreas de cultivo y volumen de agua, enfocadas principalmente a la sustentabilidad de los sistemas de cultivo, si bien esto ha permitido intensificar los cultivos, no se conoce hasta la actualidad en qué medida dichos sistemas pueden ayudar a mitigar la degradación del ambiente de cultivo ocasionado por la alta tasa de alimentación demandada por las densidades de siembra utilizadas. Debido a que los compuestos nitrogenados son tóxicos en los cultivos de camarón, con consecuencias adversas potenciales a largo y mediano plazo, por lo tanto, es de interés el conocer su comportamiento durante el desarrollo del cultivo, para avanzar en una mejora continua de las estrategias de operación.

HIPÓTESIS

El incremento en la densidad de siembra de camarón demanda un índice mayor de alimento, que conduce en la generación de una mayor cantidad de desechos nitrogenados y repercute en una mayor degradación de la calidad de agua del medio del cultivo. Por lo cual, se espera que, la aplicación de alimentos con distintas fuentes de proteína, así como utilización de probióticos y la densidad de siembra en un cultivo superintensivo de camarón, tendrá un efecto significativo en el agua de cultivo, lo cual influirá directamente en el crecimiento y supervivencia de los organismos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar el efecto de los tipos de alimento, probióticos y densidad de siembra, sobre las concentraciones de compuestos nitrogenados y fósforo en un sistema de cultivo superintensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*).

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de tres dietas comerciales (con harina de pescado, sin harina de pescado y formula especial hiperintensivos) sobre los compuestos nitrogenados y fósforo, en un sistema de cultivo superintensivo de camarón blanco.
- Evaluar la eficiencia de mezclas probióticos comerciales sobre los compuestos nitrogenados y fósforo, en un sistema de cultivo superintensivo de camarón blanco.
- Analizar los efectos de la densidad de siembra de camarón (300, 500 y 700 org/m³) sobre los compuestos nitrogenados y fósforo en un sistema de cultivo superintensivo de camarón blanco.

CAPITULO 1. EVALUAR EL EFECTO DE TRES ALIMENTOS COMERCIALES (CON HARINA DE PESCADO, SIN HARINA DE PESCADO Y FORMULA ESPECIAL HIPERINTENSIVOS) SOBRE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO, EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO.

RESUMEN

Para el presente experimento se evaluó el efecto de tres dietas comerciales sobre Los compuestos nitrogenados y fósforo, así como, crecimiento y supervivencia de camarón blanco del Pacífico en un cultivo superintensivo en gemembranas, los tres tratamientos seleccionados, fueron aleatoriamente asignados a sus respectivas geomembranas por triplicado, siguiendo un diseño completamente al azar, con una densidad de siembra de 500 org/m³. a) Alimento Formula Especial Api-Camarón[®] Hiperintensivo de la empresa Maltacleyton[®] (T1), del 40% al 35% proteína, a base de harina de calamar y pescado, (alimento en fase de prueba). b) Alimento Silver Cup El Pedregal[®] (T2), formulado a base de harina animal y vegetal con un contenido proteico del 45% al 28% de proteína. c) Alimento Maltacleyton[®] mediana densidad (T3), del 40% al 25% de proteína, formulado con harina de pescado.

La temperatura se mantuvo en una media de 31 °C, la concentración del oxígeno fue mayor que los 5 mg/L, la salinidad fue constante durante todo el ciclo de cultivo con una media de 30.3 UPS y el pH osciló entre los 7.5 y 7.6, solo se encontraron diferencias significativas en la alcalinidad ($P < 0.05$), los tratamientos T1 y T2 presentaron básicamente el mismo comportamiento, sin embargo el tratamiento T3 presentó las menores concentraciones de alcalinidad (89.3 ± 22.24 mg/L). Respecto a la supervivencia de los tratamientos osciló entre los 70.1% y 71.4%, no se registraron diferencias significativas ($p > 0.05$), de igual manera, en las variables Tasa Específica de Crecimiento (6.83% a 6.93%) y Factor de Conversión Alimentaria (1:1.26 a 1:1.39).

ABSTRACT

For the present experiment, the effect of three commercial diets on the water quality, as well as the growth and survival of Pacific white shrimp in a superintensive gemembran culture were evaluated. The three selected treatments were randomly assigned to their respective geomembranes in triplicate, following a completely random design, with a planting density of 500 org/m³. a) Api-Camarón® Hyperintensive Specialty Formula from the company Maltacleyton® (T1), from 40% to 35% protein, based on squid and fish meal, food in the test phase. b) Silver Cup Food, The Pedregal® (T2), formulated based on animal and vegetable flour with a protein content of 45% to 28% protein. c) Maltacleyton® medium density (T3) food from 40% to 25% protein, formulated with fishmeal.

The temperature was maintained at an average of 31 °C, the oxygen concentration was higher than 5 mg/L, the salinity was constant throughout the crop cycle with an average of 30.3 UPS and the pH ranged between 7.5 and 7.6, only significant differences were found in the alkalinity ($p < 0.05$), the T1 and T2 treatments presented basically the same behavior, however the T3 treatment presented the lowest concentrations of alkalinity (89.3 ± 22.24 mg/L). Regarding the survival of the treatments ranged between 70.1% and 71.4%, there were no significant differences ($p > 0.05$), to oneself, in the variables Specific Growth Rate (6.83% to 6.93%) and Food Conversion Factor (1: 1.26 a 1: 1.39).

1.1 INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en uno de los segmentos con mayor crecimiento en el mercado mundial de alimentos principalmente debido a la necesidad de un suministro de productos de calidad constante y la oportunidad de atractivos rendimientos en este sector (Lovell, 1992). El alimento y el manejo de la alimentación, incluyendo la fertilización, representan a menudo los mayores costos de operación, (40-60%) dentro de los costos variables de producción en el cultivo de salmónidos y peneidos (Anderson *et al.*, 1997; Tacon *et al.*, 2002). Por tanto resulta necesario enfocar la atención en el desarrollo de la investigación y estrategias de manejo dirigidas a reducir estos costos (Tacon, 1996). Este aspecto es decisivo al considerar el precio de los ingredientes proteicos, puesto que son los más onerosos en las dietas para animales (Lyons, 1992). La harina de pescado es considerada ingrediente esencial para la elaboración de alimento para camarones marinos, por ofrecer una fuente equilibrada de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, vitaminas, minerales y buena palatabilidad (Suárez *et al.*, 2009).

El crecimiento constante de la acuicultura y consecuente aumento de la demanda de harina de pescado (Duarte, 2009) ocasionó una elevación significativa en los precios en la última década (FAO, 2009). Aunque los avances tecnológicos del sector acuícola permitieron mejoras significativas en la eficiencia alimentaria de camarones (Tacon y Metian, 2008) la dependencia de harina de pescado hizo que a lo largo de los últimos años investigaciones se realizaran a fin de identificar ingredientes proteicos más baratos y sostenibles, con vistas a reducir y/o eliminar la harina de pescado como principal fuente proteica en alimentos utilizados en la acuicultura (Salze *et al.*, 2010).

Considerando lo anterior, existe un progresivo interés tanto de la industria de los alimentos como de los acuicultores para tratar de disminuir el costo del alimento, y por ello, se han formulado objetivos en torno a la identificación de nuevas fuentes de proteína, certificación de su valor nutricional e innovación de métodos para su

transformación. Esto deberá repercutir en la disminución de los niveles de harina de pescado en los alimentos acuícolas mediante la sustitución, aunque sólo en forma parcial, por las fuentes de proteína alternativas (De la Higuera, 1985).

El uso de fuentes proteicas alternativas como sustituto a la harina de pescado en raciones en la acuicultura ha sido practicado desde hace muchos años (Watanabe, 2002). Debido a que el crecimiento de los organismos acuáticos depende en gran medida del contenido de proteína presente en la dieta, es por lo que actualmente, la investigación relativa a las fuentes proteicas para dietas destinadas a los organismos cultivados y su porcentaje de inclusión ha recibido más atención que cualquier otro nutriente debido al alto costo de este componente en la dieta (Manikk *et al.*, 1977).

1.2 MATERIALES Y MÉTODOS

1.2.1 Área de estudio.

El trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Bioingeniería Costera, de la Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, perteneciente a la Universidad Autónoma de Nayarit, ubicado en la carretera a los cocos km 12 en Bahía de Matanchen (21° 29'53" N, 105°12'03" O). En la Figura 1.1 se muestra la ubicación.



Figura 1. 1 Ubicación del Laboratorio de Bioingeniería Costera, U. A. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera

1.2.2. Procedencia del material biológico.

Para el presente trabajo se ocuparon 157,500 postlarvas de camarón blanco *L. vannamei* con peso promedio de 0.016 ± 0.001 g. Mismas que fueron abastecidas por la empresa "Acopio de Larvas y Asesoría en Proyectos S.A. de C.V., ubicado en playa las islitas, en el municipio de San Blas, Nayarit.

1.2.3 Unidades experimentales.

Se utilizaron nueve geomembranas circulares de polietileno de alta densidad (HDPE) con un volumen de manejo de 35 m³, cada una equipada con cuatro mangueras aireadoras unidas a una línea madre abastecida por dos sopladores de 4.5 HP que mantendrá aireación constante durante todo el cultivo Figura 1.2. El agua fué extraída directamente del mar, a través de tubería subterránea conectada a una bomba tipo Jacuzzi Magnum Force3[®] de 3.5 HP, posteriormente pasó por un sistema de dos filtros Lifegard[®] Aquatics, uno con arena zeolita y el otro con carbón activado, a través del uso de tubos de PVC de 2" y fue suministrada a las geomembranas del área experimental.



Figura 1. 2 Geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE), utilizadas para el cultivo de camarón.

1.2.4 Diseño experimental.

Los tres tratamientos seleccionados para el estudio, fueron aleatoriamente asignados a sus respectivas geomembranas por triplicado, siguiendo un diseño completamente al azar, con una densidad de siembra de 500 org/m³. Las tres dietas comerciales (Tabla 1.1), empleadas como tratamientos pertenecen a marcas reconocidas en el mercado de la camaronicultura, los cuales fueron los siguientes tratamientos experimentales: T1 = Alimento formula especial Api-Camarón[®] hiperintensivo de la empresa Maltacleyton, a base de harina de pescado (alimento en fase de prueba), T2 = Alimento Silver Cup El Pedregal[®] sin harina de pescado y T3 = Alimento Maltacleyton[®] con harina de pescado, utilizado en cultivo de la región (San Blas).

Tabla 1. 1 Valores nutricionales de los tres tipos de alimento.

Alimento	Tratamiento	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)
Formula Especial Hiperintensivo 28%	T1	28	12	3	7
Micropellet Extensivo Mediana Densidad 35%	T2	35	15	3.5	7
Extruido sin Harina de Pescado 28% (Silver cup)	T3	28	7	4	12

1.2.5 Alimentación.

Se alimentó a los camarones con raciones diarias correspondientes al 16% de su biomasa corporal, después la tasa de alimentación fue proyectada de acuerdo con el muestreo biométrico semanal reduciendo el contenido proteico, así como, el tamaño de partícula del alimento. La alimentación se realizó cada dos horas (12 raciones diarias), el alimento se aplicó inicialmente al boleó por la orilla de la geomembrana como se observa en la Figura 1.3, posteriormente el alimento se aplicó directamente en comederos, durante los días que duró la ejecución de la fase experimental.

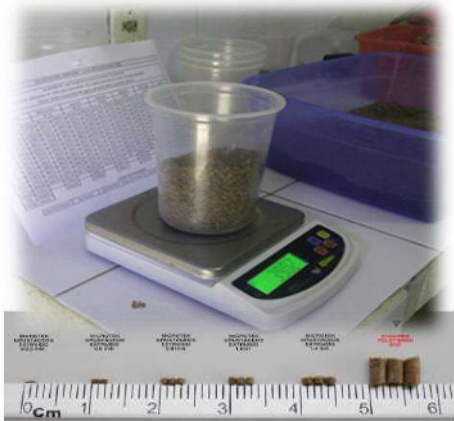


Figura 1. 3 Total de alimento aplicado basado en el porcentaje de la biomasa total.

1.2.6 Análisis de compuestos nitrogenados.

Se realizaron monitoreos semanalmente de, nitrógeno (N), amonio (NH_3 y NH_4), nitritos (NO_2), nitratos (NO_3), fósforo (P), fosfatos (PO_4) y alcalinidad (CaCO_3), Con un fotómetro YSI 9500 direct-read photometer[®]. Además, cada dos horas del oxígeno disuelto (OD) y la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) con un oxímetro YSI 550A[®]. Salinidad y el pH dos veces al día (7:00 y 19:00 h), con un refractómetro Vital Sine SR-6[®] y con el potenciómetro Hanna pHep Tester[®]. En la Figura 1.5 se observa la realización del análisis de compuestos nitrogenados.



Figura 1. 4 Análisis de calidad de agua

1.2.7 Parámetros zotécnicos.

Para verificar el comportamiento de los tres tratamientos experimentales en el presente proyecto, se evaluaron los siguientes parámetros según Hashim *et al.*, (2002): peso promedio total inicial (gr); peso promedio total final (gr); ganancia de peso (gr/ semanas), longitud promedio total inicial (cm); longitud promedio total final (cm), tasa específica de crecimiento (TCE %/semana); factor de conversión alimentaria (FCA), y supervivencia (%). El crecimiento y la supervivencia se compararán al principio y al final del experimento, en la Figura 1.4 se puede apreciar los muestreos biométricos realizados cada semana.



Figura 1. 5 Muestreos biométricos semanales.

$$TEC = \left(\frac{\ln Pf - \ln Pi}{t} \right) * 100$$

Dónde:

TEC= Tasa Específica de Crecimiento diaria (%)

In= Logaritmo natural

Pf= Peso final (g)

Pi= Peso inicial (g)

t = Días de cultivo

$$FCA = CAC/BC$$

Dónde:

FCA: Factor de conversión alimenticia

CAC = Cantidad de alimento consumido Kg

BC = Biomasa cosechada Kg

$$S = [(N^{\circ} \text{ Ind.}f) / (N^{\circ} \text{ Ind.}i)] * 100$$

Dónde:

S: =Porcentaje de supervivencia.

$N^{\circ} \text{ Ind.}f$: = Número de camarones cosechados.

$N^{\circ} \text{ Ind.}i$: =Número de PL sembradas.

1.2.8 Análisis de composición química proximal del camarón.

Se tomó una muestra de camarones al inicio y final del experimento, de cada una de las réplicas de los diferentes tratamientos para determinar su composición química proximal. Las muestras fueron almacenadas hasta su análisis. Para la determinación del contenido de proteína, humedad, lípidos y ceniza, se siguió las metodologías recomendadas por la AOAC (2002) y Woyewoda *et al.*, (1986).

1.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos de los muestreos fueron almacenados y procesados en hojas de cálculo Excel para luego ser evaluados a través de análisis de varianza con un nivel de confianza del 95%, al esperar que se cumplan previamente todas las presunciones básicas del ANOVA. Se aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey ($\alpha=0,05$) y se rechaza la hipótesis nula de que las medias de los tratamientos no presentan diferencias significativas cuando $p<0.05$. Si no se cumplen ambos supuestos requeridos para los análisis paramétricos se utilizará el método no paramétrico de Kruskal-Wallis. Cuando se encuentren diferencias significativas, se les realizará una prueba de U de Mann Whitney para determinar diferencias entre cada tratamiento. Se utilizó el programa estadístico SPSS v20[®] como herramienta para el análisis.

1.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.4.1 Análisis de composición química proximal del alimento.

Se realizaron análisis proximales (humedad, lípidos, proteína, cenizas, humedad) de los alimentos aplicados en el experimento a través de la metodología AOAC (2000). Los alimentos de la empresa Maltaclayton[®] fueron realizados por el laboratorio MALTA TEXO DE MEXICO,S. A. DE C. V., mientras que los alimentos de la empresa Silver cup[®], se realizaron en el Laboratorio de Nutricion Acuicola, en el área de pesquerías, en el Tecnológico Nacional de México campus Mazatlán.

Tabla 1. 2 Composición química proximal de alimento

Alimento	Fase	Tratamiento	Humedad (%)	Lípidos (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	NNP (%)
Api-camarón 45% race ways	I	T1, T2	7.27	8.98	45.08	10.08	0.4
Microtec 45% rays ways (Silver cup)	I	T3	12.48	12.32	46.54	15.15	0.5
Api-camarón 40%	I	T1, T2	7.09	7.11	37.44	6.92	1.01
Microtec extruido 40% (Silver cup)	I	T3	12.24	11.51	40.87	14.16	0.5
Formula especial 28%	II	T1	7.09	7.37	29.73	6.92	0.2
Micropellet extensivo 35%	II	T2	8.11	12.42	35.91	7.37	0.2
Extruido sin harina de pescado 28% (Silver cup)	II	T3	15.36	10.29	28.03	16.94	0.86

Fase I = semana 1 a semana 3, Fase II = semana 4 a semana 10.

Técnica aplicada para cada análisis: Humedad =gravimétrica, Cenizas =gravimétrica, Lípidos = Soxhlet, proteína =micro Kjeldahl, NNP= micro Kjeldhal.

En la Tabla 1.2 anterior se observa que el alimento formulado (T3) utilizado en la Fase I cuyas concentraciones de las variables analizadas se encuentra en concentraciones mayores a las presentadas por los alimentos de los T1 y T2 en cada una de sus presentaciones. Sin embargo, en la Fase II, el T3 respecto al T1 solo en la concentración proteica no tuvo la mayor concentración, en contraste con el T2, las concentraciones de lípidos y proteínas fue menor en el extruido sin harina de T3.

1.4.2 Análisis proximal (Media ± DE) de los organismos cultivados durante 96 días de cultivo.

En la Tabla 1.3 se puede observar la variación de la composición inicial y final de los organismos cultivados durante 96 días de cultivo.

Tabla 1. 3 Análisis proximal de los camarones cultivados.

Parámetro	Técnica de análisis	Inicial	Final		
			Formula especial	Sin harina de pescado	Media densidad
Humedad (%)	<i>Gravimétrica</i>	79.65 ± 0.15	71.61 ± 0.21	71.36 ± 0.37	71.18 ± 0.15
Cenizas (%)	<i>Gravimétrica</i>	11.69 ± 0.17	13.69 ± 0.22	12.73 ± 0.18	14.08 ± 0.14
Lípidos (%)	<i>Soxhlet</i>	15.04 ± 1.25	12.80 ± 0.41	15.99 ± 0.04	16.50 ± 0.20
Proteína (%)	<i>micro kjeldahl</i>	63.97 ± 0.69	46.59 ± 0.29	48.74 ± 0.42	45.57 ± 0.22

(Media ± DE)

1.4.3 Compuestos nitrogenados.

Respecto a los resultados de la calidad del agua (Tabla 1.5) en ninguno de los tratamientos se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para los parámetros físico-químicos.

La temperatura se mantuvo en una media de 31 °C, la concentración del oxígeno fue mayor que los 5 mg/L, la salinidad fue constante durante todo el ciclo de cultivo con una media de 30.3 UPS y el pH osciló entre los 7.5 y 7.6. A pesar de no tener problemas con las concentraciones de los compuestos nitrogenados y el fósforo pues se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para la especie, solo se encontraron diferencias significativas en la alcalinidad ($p < 0.05$), los tratamientos T1 y T2 presentaron básicamente el mismo comportamiento, sin embargo el tratamiento T3 presentó las menores concentraciones (89.3 ± 22.24 mg/L), encontrándose diferencias entre este tratamiento y los tratamientos T1 y T2.

Tabla 1. 4Resultados de las variables de calidad del agua del cultivo del camarón

Parámetro	Tratamiento		
	T1	T2	T3
	Formula especial	Sin harina de pescado	Media Densidad
Temperatura (°C)	31.44 ± 1.061 ^a	31.10 ± 0.808 ^c	31.3 ± 0.938 ^b
Oxígeno (mg/L)	5.45 ± 0.722 ^b	5.46 ± 0.836 ^a	5.49 ± 0.795 ^a
Salinidad (UPS)	30.39 ± 4.914 ^a	30.35 ± 4.921 ^a	30.30 ± 4.918 ^a
pH	7.62 ± 0.284 ^a	7.65 ± 0.290 ^a	7.62 ± 0.281 ^a
NAT (mg/L)	0.74 ± 0.83 ^a	0.81 ± 0.92 ^a	0.97 ± 1.03 ^a
Amonio no ionizado (mg/L)	0.029 ± 0.037 ^a	0.032 ± 0.042 ^a	0.036 ± 0.048 ^a
Nitritos (mg/L)	3.784 ± 0.071 ^a	3.462 ± 0.026 ^a	5.009 ± 0.206 ^b
Nitratos (mg/L)	0.444 ± 0.246 ^b	0.275 ± 0.207 ^a	0.379 ± 0.261 ^b
Fósforo (mg/L)	1.092 ± 0.187 ^b	0.794 ± 0.367 ^a	0.742 ± 0.401 ^a
Fosfatos (mg/L)	1.013 ± 0.130 ^b	0.639 ± 0.255 ^a	0.547 ± 0.270 ^a
Alcalinidad (mg/L)	124.9 ± 2.566 ^a	120.53 ± 2.64 ^{ab}	118.7 ± 2.16 ^{ab}

(Media ± DE)

Siendo un factor crítico para el crecimiento y supervivencia del camarón, la calidad del agua, está influenciada por diversas variables físicas, químicas y biológicas que se ven afectadas directamente por las condiciones climáticas o indirectamente por el manejo del cultivo (densidad de siembra, alimento utilizado, tasas de alimentación, tasas de recambio aplicación de probióticos y aditivos), que son necesarios para lograr que un cultivo de camarón sea exitoso.

En un estanque de cultivo de camarón, la temperatura limita procesos biológicos y de velocidad de reacciones químicas dentro del organismo. Es el parámetro más observado debido a la facilidad con que se puede registrar. A medida que aumenta la temperatura, también aumenta la tasa metabólica, lo que provoca un aumento en el consumo de alimento, de oxígeno, excreción de amonio y crecimiento (Aragón, 1999, Van Wyk y Scarpa, 1999). Como se muestra en la Figura 1.6 la temperatura en los tres tratamientos registra el mismo comportamiento debido a que no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$) en cada tratamiento con una media de 31.26 °C. De acuerdo a Van Wyk y Scarpa (1999) *L. vannamei* puede tolerar un amplio rango de temperatura, sin embargo, Wyban *et al.* (1995) mencionan que la temperatura óptima en camarón pequeño de *L. vannamei* (<5 g) es de aproximadamente 30°C. Para camarones por encima de este peso, su valor óptimo es alrededor de 27°C.

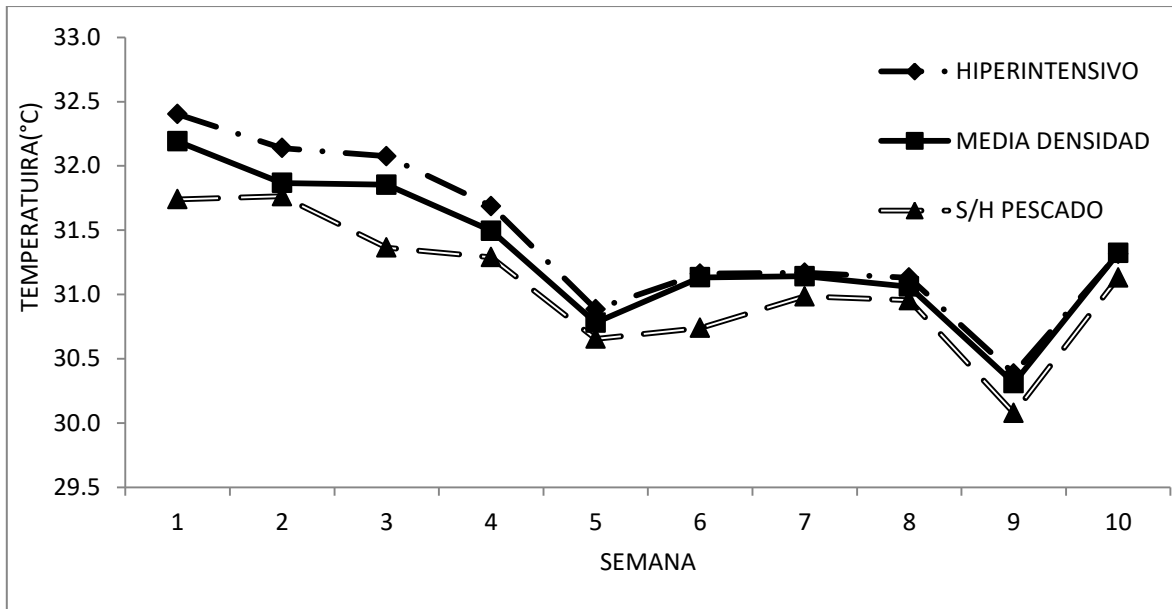


Figura 1. 6 Variación promedio de la temperatura en cada tratamiento durante el desarrollo del cultivo de camarón.

El oxígeno disuelto es uno de los parámetros importantes en un cultivo superintensivo, esta variable tiene una dinámica muy compleja, es afectada por la salinidad, altitud, temperatura, densidad de cultivo, alimentación, tamaño de los organismos, materia orgánica, pero principalmente por los procesos biológicos de producción y consumo (Tucker y Boyd, 1985, Vanwyk y Scarpa, 1999, Páez-Osuna y Ruíz-Fernández, 2001).

En promedio el oxígeno disuelto osciló entre los 5 y 5.5 mg/L, como se muestra a continuación en la Figura 1.7., Al inicio del cultivo se mantuvo en un rango de 6 a 7.5 de mg/L y disminuyó de acuerdo al incremento del tamaño de los organismos llegó a oscilar entre 2.5 a 3.5 mg/L. Boyd y Fast (1992) consideran que la mejor supervivencia y crecimiento en los camarones marinos de cultivo se obtiene a concentraciones de oxígeno disuelto entre 3.5 mg/L; mientras que deben de evitarse las concentraciones menores a 1.5 mg/L debido a que pueden ser tan letales como los altos niveles de saturación de oxígeno disuelto (Boyd y Fast, 1992). Sin embargo, en camarones peneidos, según Allan y Maguire (1991) mencionan que el rango de concentraciones letales de oxígeno disuelto se encuentra entre 0.2 y 1.0 mg/L. De acuerdo a lo anterior, consideramos que los rangos en los cuales se

mantuvieron las concentraciones de oxígeno disuelto en los tres tratamientos fueron óptimos para el crecimiento de los camarones, sin haber problemas por este parámetro pues en estos sistemas de cultivo se mantiene aireación mecánica continua mediante un soplador mecánico eléctrico.

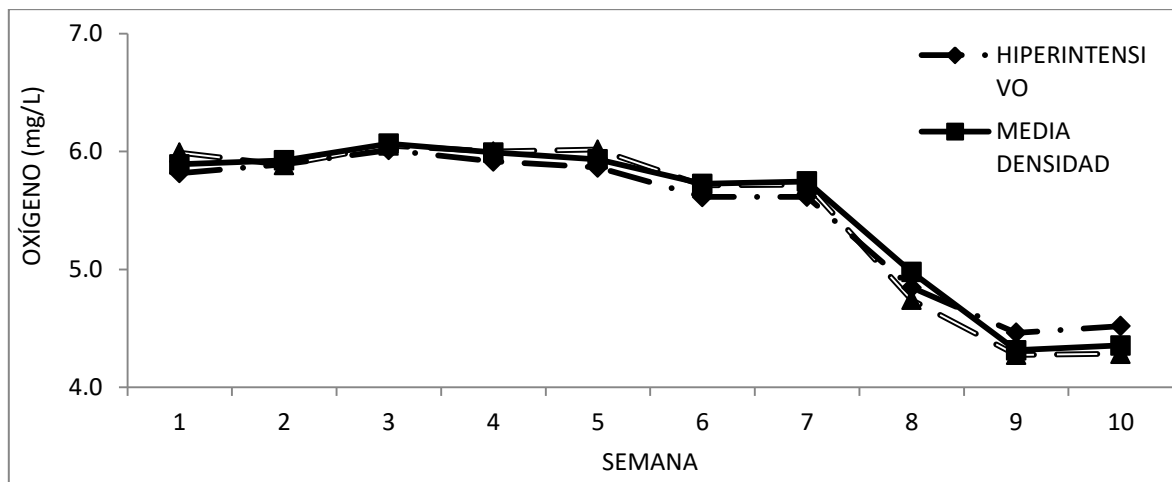


Figura 1. 7 Variación promedio del oxígeno disuelto en cada tratamiento durante el desarrollo del cultivo de camarón.

Amonio es un parámetro de gran importancia en el cultivo de camarón, ya que su efecto radica sobre la ionización, conforme aumenta el pH la ionización disminuye y aumenta la proporción de NH_3 , que es la forma química más tóxica para el camarón (Tucker y Boyd, 1985, Van Wyk y Scarpa, 1999). Durante el cultivo, no hubo variaciones significativas entre las réplicas de cada tratamiento. se tuvo una media de 7.63; el rango que se presentó fue de 7.0 a 8.6 con una media de 7.96, Boyd (1998) admite que al igual que con los peces, a un pH de 4 se alcanza el punto de la llamada muerte ácida; al tener condiciones con pH de 4-6 hay un crecimiento lento; al mantener un pH de 6-9, se obtiene un crecimiento óptimo; mientras que cuando el pH es de 9-11, se tiene un crecimiento lento. Los rangos en los que se mantuvo el pH durante el desarrollo de los tratamientos se encuentran dentro del intervalo óptimo, como se puede observar en la Figura 1.8.

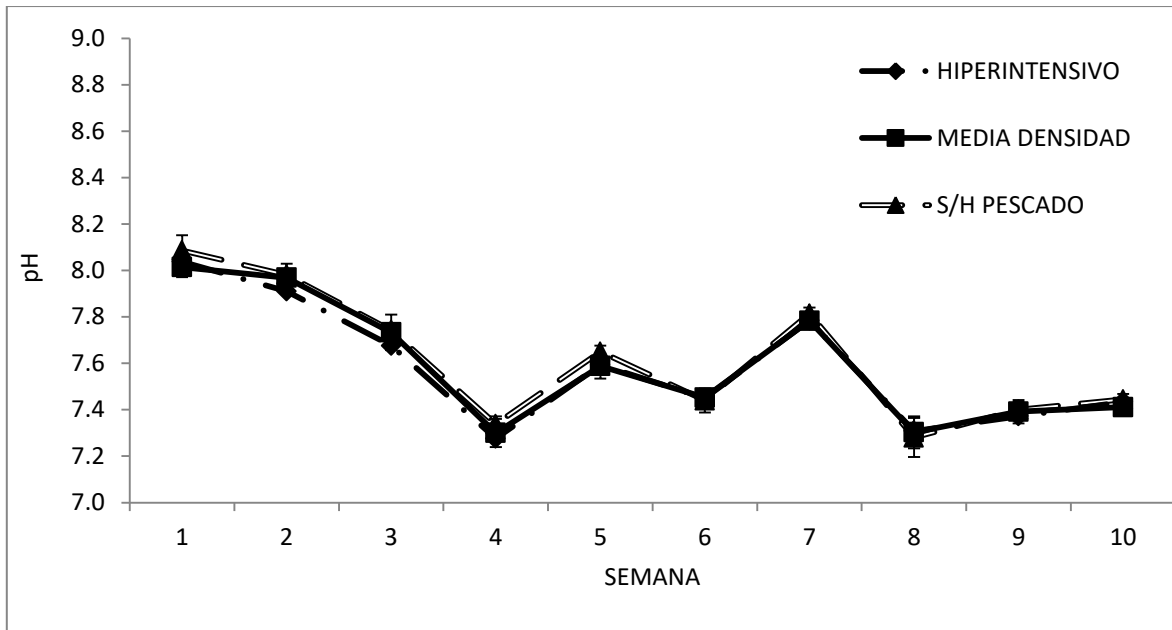


Figura 1. 8 Variación promedio de pH en cada tratamiento durante el desarrollo del cultivo de camarón.

La concentración de TAN usualmente tiende a incrementarse conforme se aumenta la densidad de siembra y conforme avanza el ciclo de cultivo (Páez, 2001). Los resultados de TAN reportados en el presente trabajo en la Figura 1.9, están por encima de los encontrados por Wasielesky (2006), 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 más de 9 g, lo que puede explicar su mayor concentración de TAN en el agua, sin embargo, los niveles registrados se encuentran dentro de lo recomendado por Boyd (1992), quien recomienda desde 0 hasta 2 mg/L de TAN para cultivo de camarón.

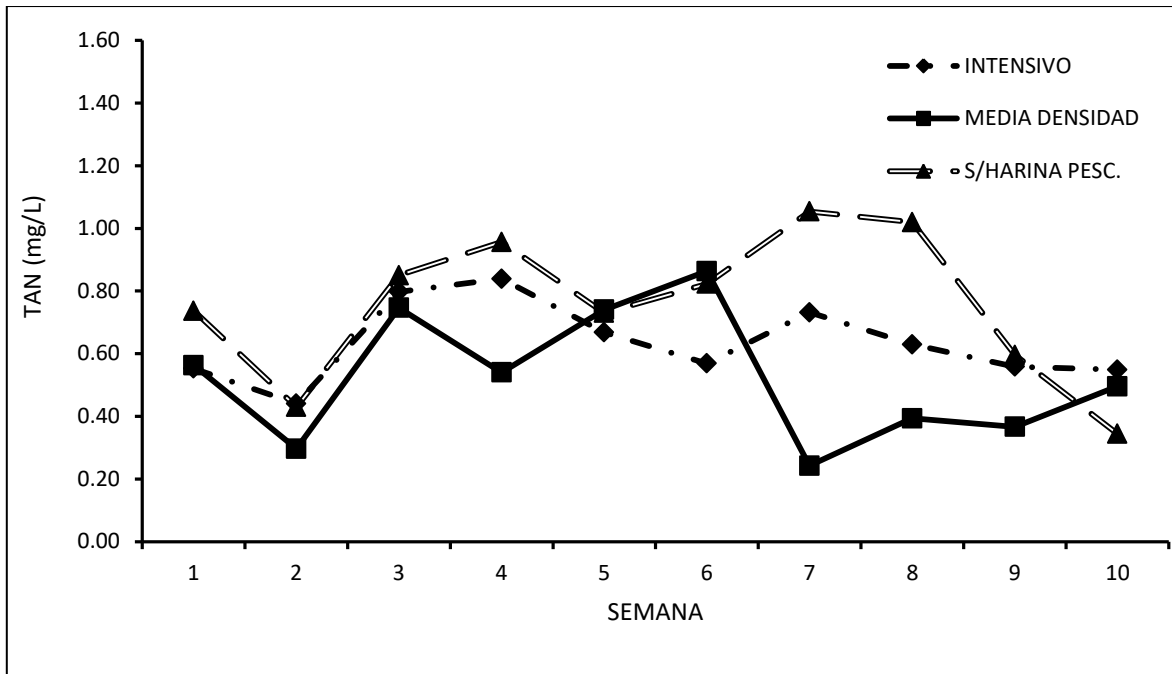


Figura 1. 9 Variación promedio de la concentración de nitrógeno amoniacal total (TAN) de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

El amonio no ionizado es uno de los compuestos inorgánicos disueltos del nitrógeno que resulta tóxico para los organismos en altas concentraciones (Chien, 1992) y el mayor producto nitrogenado excretado por los crustáceos (Claybrook, 1983, Dall *et al.*, 1990). Las concentraciones de amonio no-ionizado (NH_3) de los tratamientos se encontraron por encima de lo propuesto (0.03 mg/L) por Van Wyk y Scarpa (1999), 0.602; 0.748 y 0.525 mg/L respectivamente, los resultados se pueden observar en la Figura 1.10.

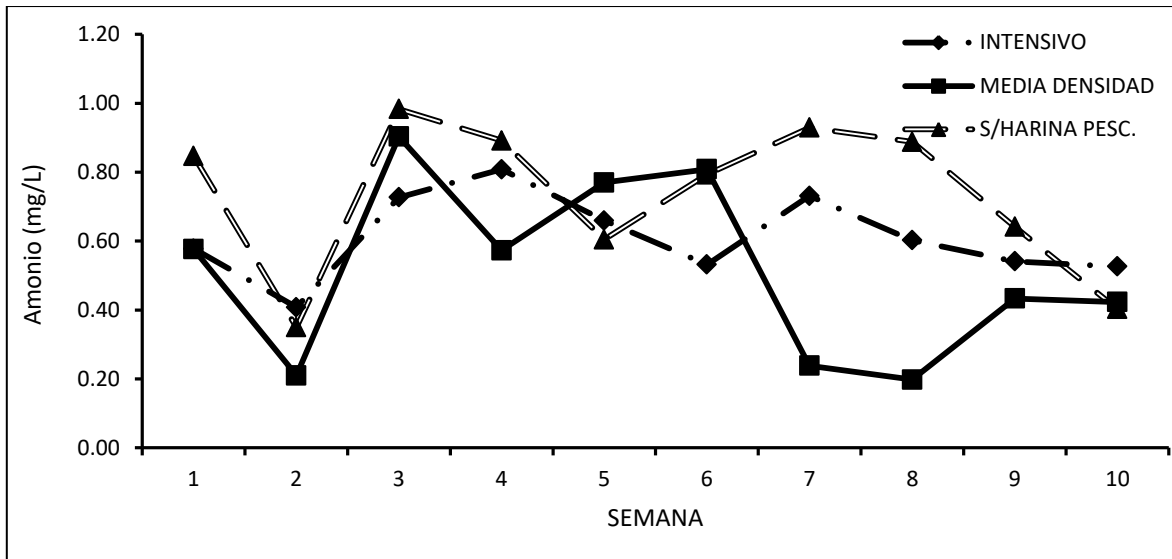


Figura 1. 10 Variación promedio de la concentración de nitrógeno amoniacal no ionizado (NH_3) de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

El nitrito es un producto intermediario durante el proceso de nitrificación de amonio a nitrato por bacterias aeróbicas autotróficas (Frías y Páez, 2001, Lin y Chen, 2003). El nitrito al igual que el amonio, es altamente tóxico para los organismos acuáticos y puede causar desórdenes respiratorios, este es acumulado en los sistemas de cultivo debido al desequilibrio de la actividad bacteriana nitrificante causada por el deterioro de la calidad del agua. (Needham, 1961, Alcaraz, 1999). Durante el desarrollo de los cultivos, en los tres tratamientos se obtuvieron concentraciones de nitrito más altas que los propuestos como rangos óptimos como se muestra en la Figura 1.11, se presentó una variación de 0.99 a 9.45 mg/L de N-NO_2^- , con una media de 4.085 mg/L de N-NO_2^- . Van Wyk (1999) menciona que los nitritos deben de estar ≤ 1 mg/L de NNO_2^- . No obstante, los tres tratamientos superaron este nivel óptimo. Sin embargo, la mayoría de estas investigaciones se han hecho en sistemas intensivos por ejemplo 75 org/ m^2 (Alarcón-Silva, 2013) encontró una variación de niveles de nitrito desde por debajo del límite de detección (<0.001) hasta 0.072 mg/L de N-NO_2^- . Mariscal-Lagarda *et al.* (2014) realizaron un cultivo intensivo de camarón (50 org/ m^2) a baja salinidad (<1.0 g/L), con una variación de nitrito de <0.001 a 1.450 mg/L de N-NO_2^- .

NO₂⁻. En cultivo a alta densidad, Guemez (2015), observó una acumulación de nitritos y nitratos hasta 15 mg/l.

En este estudio, los resultados obtenidos para nitratos se encuentran en la Figura 1.12 los cuales se encuentran fuera de los valores normales según Boyd y Gautier (2000), quienes sugieren deben estar entre 0.001 a 0.30 mg/L. La mayoría de estanques de acuicultura acumulan nitratos, debido a que no contienen un filtro desnitrificante. Los filtros desnitrificantes ayudan a convertir el nitrato en nitrógeno. Esto crea una región anaeróbica donde las bacterias anaeróbicas pueden crecer y reducir el nitrato a gas nitrógeno (Rao, 2002). La relativamente alta concentración de nitratos, comparada con los nitritos, sugieren un proceso eficiente de nitrificación en el sistema de cultivo, debido a la adecuada oxigenación de la columna de agua (Avnimelech, 2012; Rajkumar *et al.*, 2015).

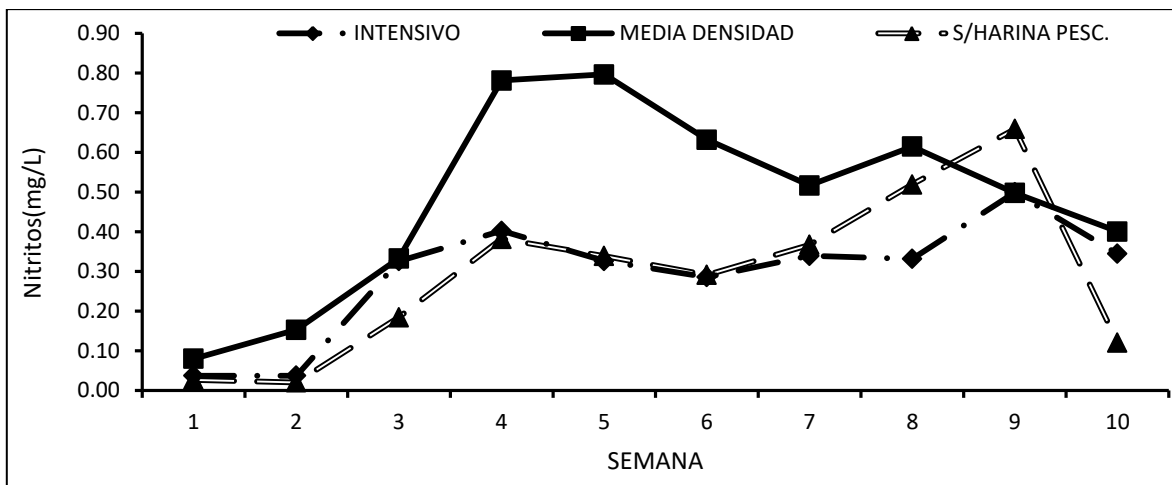


Figura 1. 11 Variación promedio de la concentración de nitrito de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

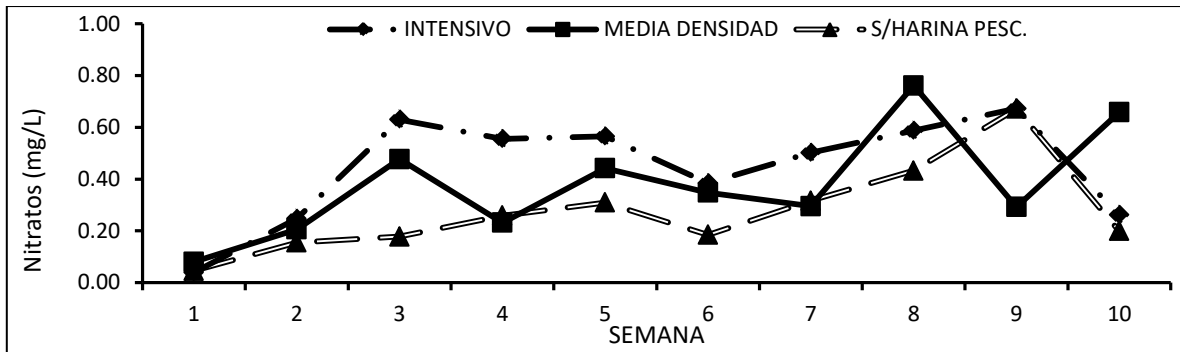


Figura 1. 12 Variación promedio de la concentración de nitrato de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

Fosfato los resultados se observan en la Figura 1.13 y Figura 1.14, en concentraciones superiores (0.547 – 1.013 mg/L), a lo referido por Milstein *et al.* (2005) para un sistema extensivo (0.13 mg/L), por Casillas Hernández *et al.* (2007) para un sistema semi-intensivo (0.49 mg/L) y por Burford *et al.* (2003) para un sistema intensivo (0.57 mg/L). A pesar de que el fosfato no está asociado a problemas de toxicidad en los cultivos de camarones, éste es un nutriente limitante para la productividad del fitoplancton y puede llegar a ocasionar problemas de eutrofización en los estanques (Egna y Boyd, 1997). Una de las posibles causas de los altos niveles de fosfato, puede ser el hecho de que, en estanques de tierra, el fósforo es capturado en gran medida por el sedimento mediante reacciones químicas, mientras que en estanques recubiertos con geo-membrana de polietileno, con un adecuado movimiento del agua provocado por la aireación mecánica, la materia orgánica se mantiene en suspensión (Boyd, 1989), lo que provoca, que el fósforo se mantenga en la columna de agua y no pueda ser capturado por el sedimento.

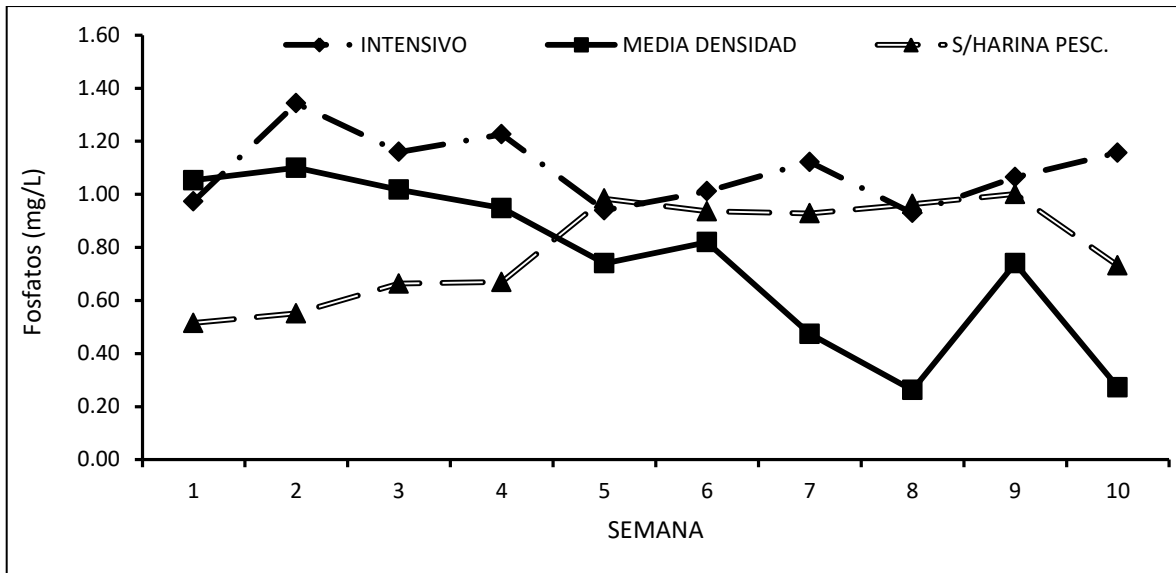


Figura 1. 13 Variación promedio de la concentración de fosfato de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

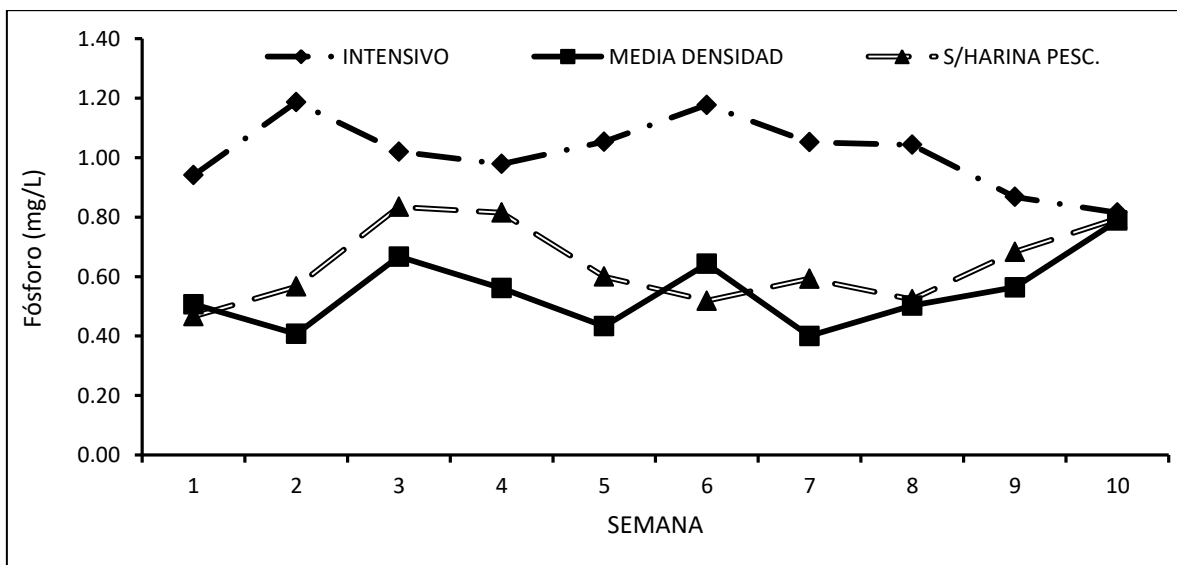


Figura 1. 14 Variación promedio de la concentración de fosfato de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

Alcalinidad el mantenimiento adecuado al entorno de cultivo contribuye a la moderación en los cambios de pH, como resultado de los procesos fotosintéticos y respiratorios (Van Wyk y Scarpa, 1999). Los resultados de este estudio se encuentran dentro de los valores normales según Clifford (1994), los cuales está

dentro de 120 a 150 mg/L, Figura 1.15, los valores obtenidos son superiores a los reportados por Pierri *et al.*, (2015) los cuales encontraron valores de 40 a 120 mg/L.

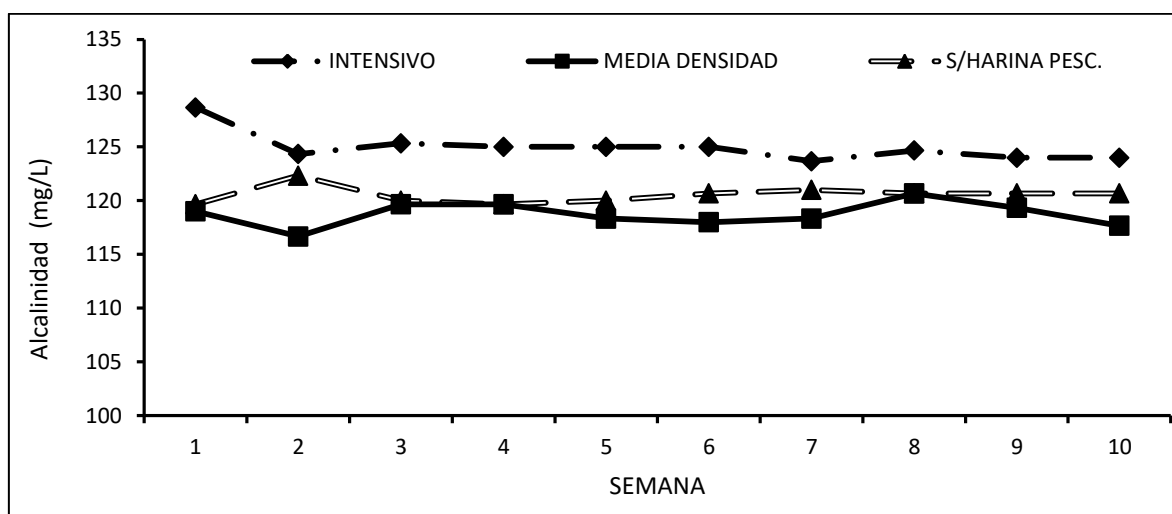


Figura 1. 15 Variación promedio de la concentración de alcalinidad de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

1.4.4 Parámetros zootécnicos.

La supervivencia de todos los tratamientos analizados osciló entre los 70.1% y 71.4%, no se registraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en esta variable de respuesta, a sí mismo, en las variables TEC (6.83% a 6.93%) y FCA (1:1.26 a 1:1.39) donde el valor de significancia fue mayor que 0.05. los resultados se muestran en la Tabla 1.4.

Tabla 1. 5 Parámetros zootécnicos del cultivo de camarón

Parámetro	Tratamiento		
	T1	T2	T3
	Formula especial	Sin harina de pescado	Media densidad
Supervivencia (%)	70.1 ± 10.06 ^a	70.8 ± 9.48 ^a	71.4 ± 4.80 ^a
Peso final (gr)	9.67 ± 1.20 ^a	9.88 ± 0.95 ^a	8.71 ± 0.75 ^b
Biomasa final (k/m3)	3.38 ± 0.169 ^a	3.49 ± 0.268 ^a	3.10 ± 0.468 ^a
TEC (%/d)	6.54 ± 0.23 ^a	6.57 ± 0.06 ^a	6.51 ± 0.08 ^a
FCA	1.08 ± 0.16 ^a	1.25 ± 0.12 ^b	1.11 ± 0.16 ^{ab}

(Media ± DE).

Los resultados en los parámetros zootécnicos en este experimento contrarían a los obtenidos por Tacon, 1997; Lawrence *et al.*, 1998, los cuales mencionan que los camarones requieren de mayor nivel de proteína en la dieta conforme aumenten las densidades. No obstante, coinciden con los resultados de autores como; Teichert, 1995; Hopkins *et al.*, 1996; Hari *et al.*, 2004, quienes no han encontrado diferencias significativas en el rendimiento cuando variaron los niveles de proteína, sin importar la densidad de siembra. Xu *et al.* (2012) mencionan que la utilización de dietas ricas en proteína puede no ser económicamente viable e innecesario, lo cual recomienda bajar hasta un 25% el nivel de proteína cuando se alimenta juveniles de camarón blanco, pero sugiere la generación de flóculos en la columna de agua ya que el biofloc tiende a influenciar la composición corporal de los camarones cultivados (Kuhn *et al.*, 2010; Xu y Rajkumar, 2012).

1.5 CONCLUSIÓN

La aplicación de alimentos con diferente fuente proteica, no tuvo efecto negativo en las variables de compuestos nitrogenados. Sin embargo, en el tratamiento con alimento formula especial Api-Camarón[®] Hiperintensivo se obtuvieron los registros mas elevados de fósforo y fosfato. En cuanto a los parámetros zootécnicos no hubo efectos negativos en los tres tratamientos.

1.6 REFERENCIAS

- Alcaraz, G., Chiappa-Carrara, X., Espinoza, V., Vanegas, C. 1999. Acute toxicity of ammonia and nitrite to white shrimp *Penaeus setiferus* postlarvae. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30 (1): 90-97.
- Anderson, J. S., D. A. Higgs., R. M. Beames and M. Rowshandeli. (1997) Fish meal quality assessment for Atlantic salmon (*Salmo salar* L) reared in sea water. *Aquaculture Nutrition*. 3: 25-38
- A.O.A.C. 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist.
- Aragón Noriega E. A. 1999. "Pre-cría intensiva de Camarón blanco *Penaeus vannamei* (BOONE, 1931) a bajas temperaturas." *Rev. Invest. Mar.* 20 (1-3).
- Arnold, S.J.; Sellars, 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: 231-238.
- Avnimelech, Y. 2012. Biofloc technology- A practical book. Editorial The World Aquaculture Society. Second edition. Baton Rouge, Louisiana, United States. 272p.
- Boyd, C.E. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming. Fisheries and Allied Aquacultures Departmental Series No. 2, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 482 p.
- Boyd, C.E. y Fast, A.W. 1992. Chapter 23. Pond monitoring and management. In: Fast, A.W. y Lester, L.J. (Eds.). *Marine shrimp culture: Principles and practices*. Elsevier Science Publishers, B.V., Amsterdam. P. 497-513.
- Boyd, C. E. 1998. Pond water aeration systems. *Aquacult. Eng.* 18:9-40.
- Burford, A. M., P. T. Thompson, R. H. McIntosh, R.H. Bauman, D. C. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*. 219:393-411.
- Casillas-Hernández, R., H. Nolasco-Soria, T. García-Galano, O. Carrillo-Farnes, F. PáezOsuna. 2007. Water quality, chemical fluxes and production in semi-intensive Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture ponds utilizing two different feeding strategies. *Aquacult. Eng.* 36:105-114.
- Chien, Y. H. 1992. Water quality requirements and management for marine shrimp culture. In: Wyban, J. (Ed.), *Proceedings of the special session on shrimp farming*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, pp. 144-156.

Claybrook, D.L. 1983. Nitrogen metabolism. In L.H. Mantel (ed.), *The Biology of Crustacea*, Vol. 5 – Internal. Anatomy and Physiology Regulation. Academic Press, New York: 163-213.

De La Higuera, M. (1985). Fuentes de proteína y de energía alternativas en acuicultura. Trabajo presentado en el seminario sobre avances tecnológicos y necesidades en acuicultura, organizado por la ASA / Madrid en Sep. 1985. 8 pp

Duarte C.M., M. Holmer, Y. Olsen, D Soto, N Marbà, J. Guiu, K. Black, I. Karakassis, 2009. Will the Oceans Help Feed Humanity? *BioScience*, 59:11.

Fast, A.W. y Lester L.J. 1992. *Marine shrimp culture: Principles and practices*. Elsevier, Amsterdam. 862 p.

Egna, H.S., C. E. Boyd. 1997. *Dynamics of pond aquaculture*. Editorial CRS Press. First edition. Boca Raton, Florida. 472p.

Frías-Espericueta, M., Páez-Osuna, F. 2001. Toxicidad de los compuestos del nitrógeno en camarones. *Camaronicultura y Medio Ambiente*. El Colegio de Sinaloa, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, 270 pp.

Hari, B., Kurup, B. M., Varghese, J. T., Schrama, J. W., Verdegem, M. C. J. (2004). Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*. 241: 179–194.

Hopkins, J. S., Sandifer, P. A., and Browdy, C. L. (1996): Effect of two protein levels and feed rate combinations on water quality and production of intensive shrimp ponds operated without water exchange. *Journal World Aquaculture Society*. 26:93-97.

Kuhn, D. D., Lawrence, A. L., Boardman, G. D., Patnaik, S., Marsh, L., & Flick, G. J. (2010). Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 303: 28-33.

Lawrence, A. and P. Lee (1997). Research in the Americas. In: *Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture*. D´Abramo, L., D. Conklin & D. Akiyama (eds.) The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. Vol.6:567-587.

Lawrence, A. L., Velasco, M., Montoya, R., and Samocha, T. M. (1998): Sustainable shrimp farming: the need for “environmentally friendly” feeds and feed management strategies. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Noviembre 15-18, 1998, La Paz, México.

Lin, Y.C., Chen, J.C., 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 224, 193-201.

Lovell, R.T. (1992). Fish farming: designing protein sources for tomorrow's world. Biotechnology in the feed industry, Proceedings Alltech's eight annual symposium. T.P. Lyond (ed), pp 236-252.

Lyons, P. (1992) From waste to feed through Enzyme Technology. Feed International. 2: 9-12.

Manik, R., K. Mintardjo and S. Adisukresno (1977). Potential protein sources of supplementary feeds formulated for shrimps and prawns in Jepara. Bull. Brackishwater Aqua. Dev. Cent..., III (1+2): 223- 226

Milstein, A., M. S. Islam, M. A. Wahab, A. H. M. Kamal, S. Dewan. 2005. Characterization of water quality in shrimp ponds of different sizes and with different management regimes using multivariate statistical analysis. Aquac. Int. 13:501-518.

Needham, A.E. 1961. The problem of metahaemocyanin. Nature (London) 189: 306-307.

Páez, O. F. 2001. Camaronicultura y medio ambiente. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM y El Colegio de Sinaloa, México. 448 p.

Páez-Osuna, F., Ruíz Fernandez A.C. 2001. Toxicidad de los compuestos del nitrógeno en camarones. En el libro Camaronicultura y Medio Ambiente, Páez-Osuna, F. (Ed). UNAM y El Colegio de Sinaloa, México. 448 p.

Rajkumar, M., P. Kumar-Pandey, R. Aravind, A. Venilla, V. Bharti, C. Sekharan. 2015. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Aquac. Res. 47:3432–3444.

Rao, S.P.S., and I. Karunasagar. 2000. Incidence of bacteria involved in nitrogen and sulphur cycles in tropical shrimp culture ponds. Aqua International 8:463-472.

Salze G., E McLean, P.R. Battle, M.H. Schwarz, S.R. Craig, 2010. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. Aquaculture, 298: 294–299.

Suárez, J. A., Gaxiola, G., Mendoza, R., Cadavid, S., García, G., Alanís, G. y Cuzon, G. (2009). Substitution of fish meal with plant protein sources and energy budget for white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). Aquaculture. 289, 118–123.

Tacon, A. (1997). Global trends in Aquaculture and Aquafeed production 1984-1995. International Aquafeed Directory & Buyers Guide. 98: 5- 37.

Tacon, A. G. J. (1996). Feeding tomorrow's fish. World Aquaculture. 27: 20-32

Tacon, A. G. J., J. J. Cody, L. D. Conquest, S. Divakaran, I. P. Forster, O.E. Decamp. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*. 8:121-137.

Teichert-Coddington, D. R., and Rodríguez, R. (1995): Semi-intensive commercial grow-out of *Penaeus vannamei* fed diets containing differing levels of crude protein during wet and dry seasons in Honduras. *Journal World Aquaculture Society*. 26:72-79.

Tucker, C.S., Boyd, C.E. 1985. Water quality. In water quality (Channel catfish culture ponds), ed. C.S. Tucker, pp. 135-227. *Developments in aquaculture and fisheries science*, Elsevier, Netherlands.

Van Wyk, P., Scarpa, J., 1999. Water quality requirements and management, Florida Department of Agriculture and Consumer Services (eds.), USA, pp. 141-161.

Wasielensky, 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 at Waddell Mariculture Center – SC, Department of Natural Resources P.O. Box 258.

Watanabe T., 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68: 242–252.

Woyewoda, A. D.; S. J. Shaw.; P. J. Ke.; and B. G. Bums. 1986. Recommended laboratory methods for assessment of fish quality. *Can Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 1448, Fisheries and Oceans. Canada. Pp. 361.

Wyban, J., W.A. Walsh, and D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 138: 267-279.

Xu, W. J., Pan, L. Q. (2012). Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*. 356–357: 147–152.

CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRES MEZCLAS PROBIÓTICAS COMERCIALES SOBRE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO, EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO.

RESUMEN

Como respuesta de la presión que enfrentan los productores para incrementar la producción de camarón se han desarrollado sistemas de cultivo superintensivos, estas intensificaciones han aumentado las enfermedades afectando esta actividad. Como alternativa para aminorar estas afectaciones ha sido el uso de mezclas probióticas comerciales, sobre todo en sistemas de cultivo con nulo o mínimo recambio de agua para el mantenimiento de la calidad del agua de cultivo. De este modo, este experimento tiene como objetivo evaluar tres mezclas probióticas comerciales sobre los compuestos nitrogenados: a) ShrimpShield™, producto de la empresa Keeton Industries (T1), cada gramo contiene 2.0 billones de unidades formadoras de colonias (UFC/g). b) Pro 4000X®, de la empresa AqualnTech Inc (T2), cada tableta contiene un mínimo de 64 billones de unidades formadoras de colonias (UFC/g). c) Micropan Aqua-Combi®, producto fabricado por EVIROVIX SpA (T3), con una concentración bacteriana de $5,0 \times 10^5$ unidades formadoras de colonia (UFC/g).. La temperatura, salinidad y oxígeno no fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) en los tratamientos. Sin embargo, el pH presentó diferencias entre el tratamiento ShrimpShield™ y AquaCombi® (8.05 ± 0.2 , 8.11 ± 0.2). Con relación a las concentraciones de alcalinidad, el tratamiento ShrimpShield fue significativamente diferente ($p < 0.05$) 133.12 ± 10.89 mg/L, en comparación con el tratamiento Pro 4000X®, 159.29 ± 14.98 mg/L el cual registró los valores máximos. En los tres tratamientos los valores de NO_2 , fueron mayores 6.98 ± 4.88 , 6.40 ± 4.29 y 5.81 ± 4.1 mg/L, lo mismo sucedió con los valores de fósforo total PT y fosfatos PO_4 aunque no registraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento AquaCombi® presentó el mayor crecimiento al tiempo de cosecha con 8.26 ± 1.22 g, seguido del tratamiento ShrimpShield™ con 6.62 ± 0.734 g y finalmente, el tratamiento Pro 4000X® con 5.61 ± 0.995 . En cuanto a la TCE presentó $7.63 \pm 0.0.20$. La mayor

supervivencia se observó en el tratamiento ShrimpShield™ ($80.30 \pm 3.604\%$), mientras el tratamiento Pro 4000X® presentó la menor supervivencia con $70.03 \pm 2.9\%$

ABSTRACT

In response to the pressure that producers face to increase shrimp production, superintensive farming systems have been developed, these intensifications have increased the diseases affecting this activity. As an alternative to reduce these affectations has been the use of commercial probiotic mixtures, especially in cultivation systems with no or minimum water exchange for the maintenance of the quality of the culture water. In this way, this experiment aims to evaluate probiotic mixtures commercials on water quality: a) ShrimpShield™, product of the company Keeton Industries (T1), each gram contains 2.0 trillion colony forming units (CFU/g). b) Pro 4000X®, from AqualnTech Inc (T2), each tablet contains a minimum of 64 trillion colony forming units (CFU/g). c) Micropan Aqua-Combi®, product manufactured by EVIROVIX SpA (T3), with a bacterial concentration of 5.0×10^5 colony forming units (CFU/g). The temperature, salinity and oxygen were not significantly different ($p < 0.05$) in the treatments. However, the pH presented differences between the ShrimpShield™ and AquaCombi® treatment (8.05 ± 0.2 , 8.11 ± 0.2). Regarding the concentrations of alkalinity, the ShrimpShield™ treatment was significantly different ($p < 0.05$) 133.12 ± 10.89 mg/L, compared to the treatment Pro 4000X, 159.29 ± 14.98 mg/L which registered the maximum values. In the three treatments the NO₂ values were higher 6.98 ± 4.88 , 6.40 ± 4.29 and 5.81 ± 4.1 mg/L, the same happened with the values of total phosphorus PT and phosphates PO₄ although they did not register significant differences ($p > 0.05$) between the treatments. The AquaCombi® treatment presented the highest growth at harvest time with 8.26 ± 1.22 g, followed by the ShrimpShield™ treatment with 6.62 ± 0.734 g and finally, the Pro 4000X® treatment with 5.61 ± 0.995 . Regarding the TCE, it presented $7.63 \pm 0.0.20$. The longest survival was observed in the ShrimpShield™ treatment ($80.30 \pm 3.604\%$), while the Pro 4000X® treatment showed the lowest survival with $70.03 \pm 2.9\%$.

2.1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de camarón alrededor del mundo ha tenido gran expansión debido a las altas demandas sobre todo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (FAO, 2016). Como resultado de la presión que enfrentan los productores para incrementar la bioseguridad, la calidad del agua y la producción, existe una tendencia en muchos países por el desarrollo de sistemas de producción intensivos con un mínimo de recambio de agua (Tacon *et al.*, 2002). Estos cultivos intensivos son utilizados como respuesta a los escasos de áreas extensas para dicha actividad (Lightner *et al.*, 2006). La intensificación de las actividades acuícolas ha provocado el aumento de las enfermedades que afectan a los cultivos (Holmström *et al.*, 2003), principalmente por virus y bacterias, particularmente por la mala calidad del agua como resultado de las altas densidades que se manejan y causan condiciones adversas que estimulan rápidamente a bio-agresores y enfermedades provocando mortandades elevadas (Boyd, 1990; Boyd y Fast, 1992; Biao *et al.*, 2004; Thakura y Lin, 2003; Baudin-Laurenncin y Vigneulle, 1994). Una alternativa para estos problemas son los probióticos, en los últimos años, existe una tendencia a utilizar probióticos comerciales en las granjas de camarón, específicamente en los sistemas superintensivos de producción sin renovación de agua, la comunidad microbiana es esencial para el mantenimiento de la calidad del agua y como fuente de alimento para los organismos cultivados (Burford *et al.* 199, Wasielesky *et al.*, 2006).

Una vez añadidos a los estanques de cultivo, o adicionados en el alimento, los probióticos son capaces de modificar la composición bacteriana del agua, el sedimento y el tracto intestinal de los organismos cultivados (Moriarty 1998). Especialmente en el ambiente acuático, la relación entre el microbiota presente en el tracto intestinal y en el ambiente es muy cercana (Del'Duca *et al.*, 2015; De Schryver y Vadstein 2014), lo cual hace la posible interacción que puede haber entre la comunidad microbiana del ambiente de cultivo y las bacterias probióticas añadidas al agua o al alimento. De este modo, el uso de probióticos en la producción de organismos acuáticos surge a partir de la creciente demanda de alternativas que sean ambientalmente amigables y contribuyen al incremento del proceso productivo (Verschuere *et al.* 2000).

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.1 Unidades experimentales.

El experimento se realizó en las instalaciones de la Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera en el Laboratorio de Bioingeniería Costera, perteneciente a la Universidad Autónoma de Nayarit (21° 29'53" N, 105°12'03" O). En un invernadero con nueve geomembranas circulares de polietileno de alta densidad (HDPE), con una capacidad de 1.5 m³. Las unidades de cultivo fueron abastecidas con agua marina mediante una bomba tipo Jacuzzi Magnum Force3[®] de 3.5 HP, la cual pasa por un sistema de dos filtros Lifegard[®] Aquatics, uno con arena zeolita y el otro con carbón activado. Con un sistema de aireación constante durante el cultivo por medio de un soplador eléctrico de 4.5 HP.

Las postlarvas con un peso promedio de 0.0049 ±0.014g fueron provistas por el Laboratorio "Acopio de Larvas y Asesoría en Proyectos S.A. de C.V.", y trasladadas en contenedores plásticos con oxigenación al Laboratorio de Bioingeniería Costera (ENIP-UAN) para su aclimatación y siembra. En la aclimatación se buscó igualar la temperatura, pH y salinidad del agua contenida en las geomembranas, al agua de los contenedores de traslado. Una vez aclimatados los organismos se procedió a hacer un conteo para colocarlas en cada unidad experimental de acuerdo al tratamiento Figura 2.1.



Figura 2. 1 Siembra de postlarvas de camarón blanco en geomembranas del Laboratorio de Bioingeniería Costera.

Se evaluó la efectividad de tres probióticos comerciales como bioremediadores para optimizar la calidad del agua, así como apoyo para la producción de microorganismos. Se evaluaron los probióticos Shrimpshield™ (T1), Pro 4000x® (T2) y Aquacombi® (T3), sobre un cultivo de camarón en geomembranas circulares a una densidad de 500 org/m³, por triplicado para cada tratamiento, el suministro de las mezclas probióticas (2 g/día/m³) fue directamente al agua de las geomembranas, Figura 2.2. Diariamente se tomó una muestra de agua de las geomembranas para contabilizar el número de células/ml contenido en los probióticos, al colocar un micro litro (µL) de la muestra colocado sobre la cámara Neubauer, para ser observada al microscopio (VELAB®) con el objetivo 40x.



Figura 2. 2 Muestreo para dar seguimiento al incremento del número de células por mililitro de las mezclas probióticas en el agua de cultivo de camarón.

2.2.2 Composición de los probióticos.

SrimpShield™, producto de la empresa Keeton Industries Figura 2.3, es una fórmula altamente concentrada de microbios beneficiosos, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *enzimas*,

carbón y microbios de digestión de desechos orgánicos, deseables para mejorar la salud, la supervivencia y el crecimiento de los camarones. Cada gramo contiene 2.0 billones de Unidades Formadoras de Colonias (UFC/g).



Figura 2. 3 Mezcla probiótica SrimpShield™, empresa Keeton Industries.

Pro 4000X®, de la empresa AqualnTech Inc, como se muestra el producto en la Figura 2.4, cada tableta contiene un mínimo de 64 billones de unidades formadoras de colonias, este producto está compuesto de; *Bacillus coagulans*, *Bacillus laterosporus*, *Bacillus EHC 100 Strain*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y Enzimas.



Figura 2. 4 Mezcla probiótica Pro 4000X®, de la empresa AqualnTech Inc.

Micropan Aqua-Combi®, se observa en la Figura 2.5 el cual es producto fabricado por EVIROVIX SpA, compuesto por; Enzima de lipasa, Enzima de proteasa, Enzima de celulasa, Enzima de amilasa, Enzima de emi-celulasa, Bacterias seleccionadas, Principios activos de *Focus laminaria*, Sales minerales de calcio y magnesio, Terreno

de cultivo AGAR, Algas de *Lithothamium calcareum*, Sales minerales de dolomía, Sales minerales de mordenite. No contiene Organismos Genéticamente Modificados, con una concentración bacteriana de $5,0 \times 10^5$ unidades formadoras de colonia (UFC/ g.)



Figura 2. 5 Mezcla probiótica Micropan Aqua-Combi®, producto fabricado por EVIROVIX SpA.

2.2.3 Análisis de los compuestos nitrogenados y fósforo.

Diariamente, se registró cada dos horas el oxígeno disuelto (OD) y la temperatura (°C) con un oxímetro YSI 550A[®]. Salinidad y el pH Dos veces al día (7:00 y 19:00 h), con un refractómetro Vital Sine SR-6[®] y con el potenciómetro Hanna pHep Tester[®]. Además, semanalmente, nitrógeno (N), amonio (NH₃ y NH₄), nitritos (NO₂), nitratos (NO₃), fósforo total (PT), fosfatos (PO₄) y alcalinidad (CaCO₃), Con un fotómetro YSI 9500 direct-read photometer[®]. En la Figura 2.6 se muestra el proceso el análisis de compuestos nitrogenados y en la Figura 2.7 la toma de temperatura y oxígeno en el cultivo.



Figura 2. 6 Análisis de compuestos nitrogenados y fósforo en el agua del cultivo de camarón.



Figura 2. 7 Muestreo de temperatura y oxígeno en el agua del cultivo de camarón.

2.2.4 Parámetros zootécnicos.

Cada semana se capturaron aleatoriamente una muestra de camarones, a los cuales se les tomó el peso (g) con una balanza electrónica Ohaus ± 0.001 g. Los parámetros de crecimiento fueron evaluados conforme a Zokaei *et al.*, (2009), los cuales incluyeron: Ganancia en peso (g) = Peso final (g)-peso inicial (g). Peso diario ganado (g/d) =Peso final (g) x peso inicial/días de cultivo. Tasa Específica de Crecimiento $TEC = ([\ln Pf - \ln Pi]/t) * 100$. Factor de conversión Alimentaria FCA = Alimento seco entregado/peso húmedo ganado. El porcentaje de supervivencia se determinó al final del experimento como la relación entre el número final y el número inicial de los

camarones en cultivo. Esta tasa se expresa como el porcentaje de supervivencia, según la siguiente fórmula (Saad *et al.*, 2009): $S = (T_i/T_f) * 100$. Como se aprecia en la Figura 2.8 la evaluación de la Tasa específica de crecimiento (TEC) de los camarones cultivados y Figura 2.9 contabilización de los organismos cosechados para determinar la supervivencia de cada geomembrana.



Figura 2. 8 Evaluación de la Tasa específica de crecimiento (TEC) de los camarones cultivados.



Figura 2. 9 Contabilización de los organismos cosechados para determinar la supervivencia de cada geomembrana.

2.2.5 Manejo de alimentación.

Durante el tratamiento los organismos fueron alimentados cada dos horas (12 raciones), con alimento balanceado comercial (35% PB). La tasa de alimentación inicial se estableció con el 16% de la biomasa total, posteriormente la cantidad de alimento a suministrar se calculó mediante los resultados de biometrías semanales, proyectando un crecimiento semanal de 1.3 g, la conversión alimentaria se estimó en 1.2 y se consideró una mortalidad del 0,2% diario.

2.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS v23[®]. Para probar la normalidad de los residuos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y para la homogeneidad de varianzas entre grupos se usará la prueba de Levene. En caso de que los datos cumplan con los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas entre tratamientos se aplicó un análisis de varianza de una vía y si se detectan diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey para detectar cuáles tratamientos difieren entre sí. Si los supuestos de normalidad y varianza no se cumplen, entonces se llevó a cabo el ANDEVA no paramétrico de Kruskal-Wallis y en caso de detectar diferencias significativas se aplicó la prueba U de Mann Whitney para determinar cuáles tratamientos difieren entre sí.

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2.1 se presentan los parámetros fisicoquímicos obtenidos en el agua de las geomembranas durante el cultivo. La temperatura, salinidad y oxígeno no fueron significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$) en los tratamientos. Sin embargo, el pH presentó diferencias entre el tratamiento ShrimpShield™ y AquaCombi® (8.05 ± 0.2 , 8.11 ± 0.2). Con relación a las concentraciones de alcalinidad, el tratamiento ShrimpShield fue significativamente diferente (Tukey, $p < 0.05$) (133.12 ± 10.89 mg/L) en comparación con el tratamiento Pro 4000X® (159.29 ± 14.98 mg/L) el cual registró los valores máximos.

En los tres tratamientos los valores de NO₂, fueron mayores (6.98 ± 4.88 , 6.40 ± 4.29 y 5.81 ± 4.1 mg/L). Lo mismo sucedió con los valores de PT y PO₄ aunque no registraron diferencias significativas (Tukey, $p > 0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 2. 1 Parámetros fisicoquímicos del agua de cultivo

Parámetro	Tratamiento		
	T1	T2	T3
	ShrimpShield™	Pro 4000X®	AquaCombi®
Temperatura (°C)	$26.39^a \pm 1.47$	$26.31^a \pm 1.60$	$26.40^a \pm 1.63$
Oxígeno (mg/L)	$5.42^a \pm 1.86$	$5.39^a \pm 1.54$	$5.43^a \pm 0.79$
pH	$8.05^b \pm 0.206$	$8.10^{ab} \pm 0.17$	$8.11^a \pm 0.20$
Salinidad (UPS)	$35.06^a \pm 2.00$	$35.22^a \pm 2.33$	$35.38^a \pm 2.06$
NAT (mg/L)	$1.677^a \pm 0.893$	$1.658^a \pm 0.895$	$1.909^a \pm 1.029$
Amoniaco ionizado (mg/L)	$0.0343^a \pm 0.0191$	$0.0367^a \pm 0.0253$	$0.0395^a \pm 0.0287$
Nitritos (mg/L)	$6.987^a \pm 4.882$	$6.402^a \pm 4.294$	$5.818^a \pm 4.105$
Nitratos (mg/L)	$15.827^a \pm 10.385$	$16.981^a \pm 11.723$	$15.162^a \pm 9.781$
Fósforo (mg/L)	$2.535^a \pm 2.593$	$2.405^a \pm 2.338$	$2.291^a \pm 2.685$
Fosfatos (mg/L)	$7.268^a \pm 8.208$	$6.182^a \pm 6.093$	$7.383^a \pm 9.190$
Alcalinidad (mg/L)	$133.12^b \pm 30.89$	$159.29^{ab} \pm 44.98$	$147^a \pm 29.601$

(Media \pm DE)

Los parámetros zootécnicos obtenidos en el cultivo de los camarones en el período de evaluación se muestran en la Tabla 2.2 y Figura 2.10. En relación al peso final entre los tratamientos existieron diferencias significativas ($p < 0.05$), se observó que el tratamiento AquaCombi[®] presentó el mayor crecimiento al tiempo de cosecha con 8.26 ± 1.22 g, seguido del tratamiento ShrimpShield[™] con 6.62 ± 0.734 g y finalmente, el tratamiento Pro 4000X[®] con 5.61 ± 0.995 . En cuanto a la ganancia diaria en peso, el tratamiento AquaCombi[®] obtuvo el mayor valor (0.091 ± 0.013 g/d), en cuanto a la TCE presentó $7.63 \pm 0.0.20$, los tratamientos ShrimpShield[™] y Pro 4000X[®] no presentaron diferencias significativas entre sí ($p > 0.05$). Al final del cultivo la supervivencia de *Litopenaeus vannamei* para los tres tratamientos presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). La mayor supervivencia se observó en el tratamiento ShrimpShield[™] ($80.30 \pm 3.604\%$), mientras el tratamiento Pro 4000X[®] presentó la menor supervivencia con $70.03 \pm 2.9\%$.

Tabla 2. 2 Efecto de los probióticos en las variables zootécnicas

Parámetro	Tratamiento		
	T1	T2	T3
	ShrimpShield [™]	Pro 4000X [®]	AquaCombi [®]
Supervivencia (%)	$80.30^a \pm 3.604$	$70.03^b \pm 2.900$	$78.34^{ab} \pm 4.525$
Peso final (gr)	$6.62^{ab} \pm 0.734$	$5.61^b \pm 0.995$	$8.26^a \pm 1.22$
Biomasa final (k/m3)	$2.74 \pm 0.169b$	$1.96 \pm 0.268b$	$3.22 \pm 0.468a$
TEC (%/d)	$7.36^{ab} \pm 0.15$	$7.20^b \pm 0.20$	$7.63^a \pm 0.20$
FCA	$1.21^a \pm 0.087$	$1.43^a \pm 0.110$	$1.17^a \pm 0.186$

(Media \pm DE).

Los efectos directos se observaron sobre el crecimiento y supervivencia del camarón, en el presente trabajo las actividades de los compuestos de los probióticos específicamente *Bacillus spp* permitieron que las supervivencias estuvieran por encima de del 70% y el crecimiento se viera incrementado según el periodo de cultivo, lo cual es consistente con lo reportado por Peraza, (2008) que además observaron una disminución en la prevalencia de WSSV, esto mismo se puede

observar en los resultados de este experimento al obtener supervivencias elevadas para este tipo de sistemas de cultivo sin que se vieran comprometidas con algún agente patógeno. La mayoría de la evidencia científica indica que el mejor método de aplicación de los probióticos es a través del alimento con la finalidad de que las bacterias ingresen, colonicen y se multipliquen en el tracto digestivo (Irianto y Austin 2002, Kumar *et al.*, 2008), sin embargo, el presente estudio demostró que, al aplicar dosis adecuadas de probióticos en la columna de agua, mejora la supervivencia, el crecimiento, FCA y la biomasa final. Lo cual es consistente con lo mencionado por Kesarcodi-Watson *et al.* (2008) quienes mencionan que los probióticos pueden mejorar el sistema inmunológico obteniéndose un efecto positivo en la supervivencia de los organismos cultivados en respuesta a un ambiente adverso.

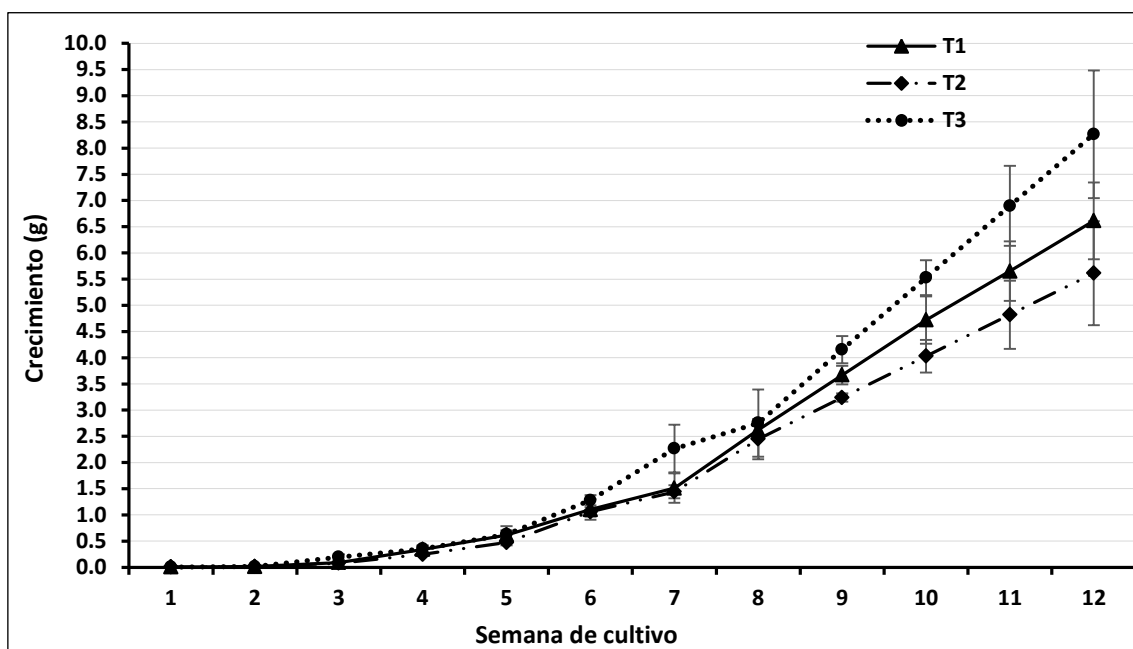


Figura 2. 10 Crecimiento semanal del camarón, aplicando distinto tipo de probiótico (T1= Shrimpshied, T2= Pro 4000X, T3= Aquacombi)

Durante el ciclo de cultivo se llevó a cabo muestreos para dar seguimiento al incremento del número de células por mililitro en el agua de cultivo, como se observa en la Figura 2.11, el valor mayor de número de células de los probióticos se registró en el tratamiento AquaCombi, sin embargo, esto no fue suficiente para que existiera una diferencia significativa ($p > 0.05$) entre los tratamientos.

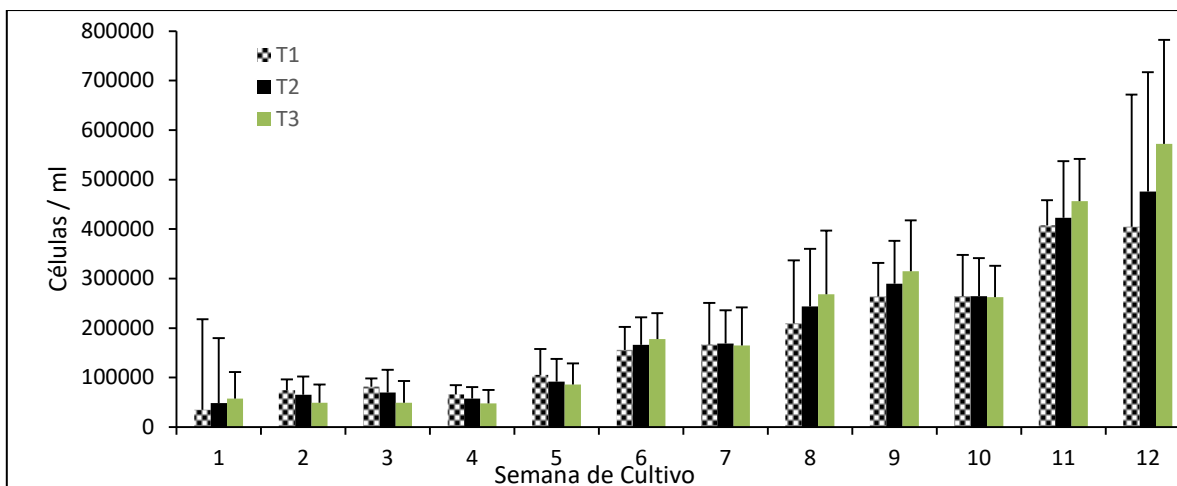


Figura 2. 11 Comportamiento del número de células de tres probióticos comerciales en un cultivo superintensivo de camarón.

Además, se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar la correlación existente entre el número de células y las variables de calidad del agua. Como se muestra en la Tabla 2.3, el coeficiente de correlación muestra que el NAT, NO₂, PT, PO₄ y CaCO₃ no presentaron ninguna correlación, NO₃ solo presentó una correlación negativa significativa en el tratamiento AquaCombi. Sin embargo, existe una correlación negativa significativa entre el pH y el número de células de los probióticos comerciales con un nivel de confianza del 95%, en los tres tratamientos. Figura 2.12.

Tabla 2. 3 Correlación de Pearson entre el número de células/ml y las variables de la calidad del agua.

Parámetro	T1	T2	T3
	ShrimpShield™	Pro 4000X®	AquaCombi®
NAT	0.029	0.326	-0.076
Nitrito	-0.008	0.144	0.189
Nitrato	0.142	0.53	0.612**
Fósforo	-0.318	-0.446	-0.451
Fosfato	-0.287	-0.386	-0.419
Alcalinidad	0.115	0.5	0.275
pH	-0.621**	-0.753**	-0.736**

**= La correlación es significativa con un nivel de confianza 0.05 (bilateral).

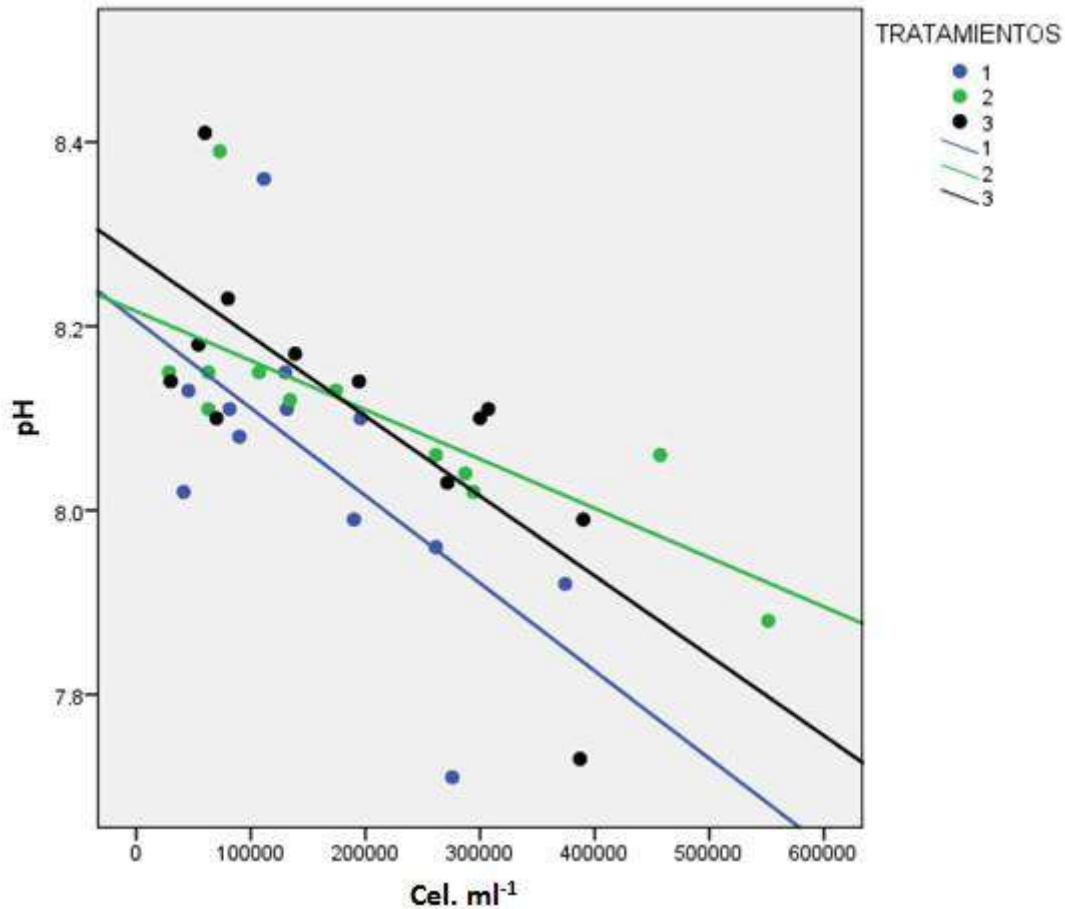


Figura 2. 12 Correlación de Pearson ($p < 0.05$) entre el pH y el número de células de los tratamientos.

Siendo un factor crítico para el crecimiento y supervivencia del camarón, la calidad del agua, está influenciada por diversas variables físicas, químicas y biológicas que se ven afectadas directamente por las condiciones climáticas o indirectamente por el manejo del cultivo (densidad de siembra, alimento utilizado, tasas de alimentación, tasas de recambio aplicación de probióticos y aditivos), que son necesarios para lograr que un cultivo de camarón sea exitoso.

Las variables de la calidad del agua mejoraron con la inclusión de probióticos comerciales (ShrimpShield™, Pro 4000X®, AquaCombi®) reduciendo las

concentraciones de amonio no ionizado manteniéndose dentro de los intervalos óptimos para el cultivo de esta especie (Boyd y Fast 1992; Cohen *et al.*, 2005; Mishra *et al.*, 2008). En los tres tratamientos la media de esta variable se mantuvo en lo propuesto por Van Wyk y Scarpa (1999), las bacterias heterotróficas contribuyeron con la asimilación de amonio (Burford y Glibert, 1999; y Burford, 2000). Lo mismo sucedió con los valores de PT y PO₄, aunque no registraron diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$) entre los tratamientos, mostraron valores mayores a los intervalos sugeridos por Boyd (1992).

El nitrito es un producto intermediario durante el proceso de nitrificación de amonio a nitrato por bacterias aeróbicas autotróficas (Frías y Páez 2001, Lin y Chen, 2003). El nitrito al igual que el amonio, es altamente tóxico para los organismos acuáticos y puede causar desórdenes respiratorios, este es acumulado en los sistemas de cultivo debido al desequilibrio de la actividad bacteriana nitrificante causada por el deterioro de la calidad del agua de acuerdo con Alcaraz, 1999. Durante el desarrollo del cultivo superintensivo de camarón, las concentraciones de nitritos registraron valores de 6.98 ± 4.88 , 6.40 ± 4.29 y $5.81^a \pm 4.1$ mg/L de NO₂. Los tres tratamientos registraron concentraciones de nitritos más altos de los rangos óptimos establecidos por varios autores que indican debe ser menor a 1.0 mg/L (Huang, 1983, Clifford, 1994, Ligther, 1998, Erchao *et al.*, 2007). Otros autores han presentado variaciones de los niveles de nitrito por debajo de este intervalo, sin embargo, la mayoría de estas investigaciones se han hecho en sistemas intensivos por ejemplo 75 org/m² (Alarcón, 2013) encontró una variación por debajo del límite de detección (< 0.001) hasta 0.072 mg/L de NO₂. Mariscal *et al.* (2014) realizaron un cultivo intensivo de camarón (50 org/m²) a baja salinidad (< 1.0 g/L), con una variación de nitrito de < 0.001 a 1.450 mg/L de NO₂.

La inclusión de probióticos comerciales durante el desarrollo del cultivo propicia que las supervivencias se vean mejoradas, que exista una mejor ganancia de peso y reducir los factores de conversión alimenticia. Por lo tanto, las propiedades de los inóculos deberían de mejorar los procesos naturales de oxidación y nitrificación en

los camarones (Boyd y Grossw, 1998). Aunque en su mayoría las investigaciones que se han hecho sobre probióticos indican que el mejor método de aplicación es a través del alimento, esto con la finalidad de que las bacterias ingresen, colonicen y se multipliquen en el tracto digestivo (Irianto y Austin, 2002, Kumar *et al.*, 2008). Sin embargo, para este tratamiento la inclusión de mezclas probióticas comerciales al agua durante el desarrollo del cultivo superintensivo de camarón, contribuyo al incremento de peso, mejoramiento de la tasa de crecimiento específica y el factor de conversión alimentaria.

Se observó que la composición de la mezcla de los probióticos pudiera ser una determinante para justificar las diferencias significativas en la supervivencia y el crecimiento (Kongnum y Hongpattarakere, 2012; Nimrat *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013), demostrando que la aplicación de probióticos a base de *Bacillus spp.* mejora el crecimiento y la supervivencia del camarón, sin embargo, la eficacia de los probióticos está delimitada al tiempo de exposición (Nimrat *et al.*, 2012, Zaiae-Nejad *et al.*, 2006).

Los resultados de la presente investigación son consistentes con los reportados por distintos autores (Far *et al.*, 2009; Boonthai *et al.*, 2011; Nimrat *et al.*, 2011; Utiswannakul *et al.*, 2011) quienes compararon probióticos a base de *Bacillus spp.* y un control cuya composición en su mayoría fueron levaduras. Los resultados muestran que las tasas de supervivencia fueron significativamente mayores con los probióticos a base de *Bacillus spp.*, esto asociado con la resistencia al estrés ambiental después de la aplicación de los probióticos (Liu *et al.*, 2010). Las supervivencias elevadas y el buen crecimiento de los camarones confinados se le puede atribuir al número elevado de células de los probióticos, se observa que en los tratamientos que tuvieron el mayor número de células la supervivencia y el crecimiento fue mejor, lo cual es consistente con diversos autores (Wang, 2007; Sahu *et al.*, 2008; Lara-Flores, 2011), los cuales aplicaron probióticos al alimento y a la columna de agua. Estos autores sugieren que los probióticos facilitan la

asimilación de nutrientes en su huésped, lo que resulta una prevención de trastornos intestinales, mejor crecimiento y supervivencia.

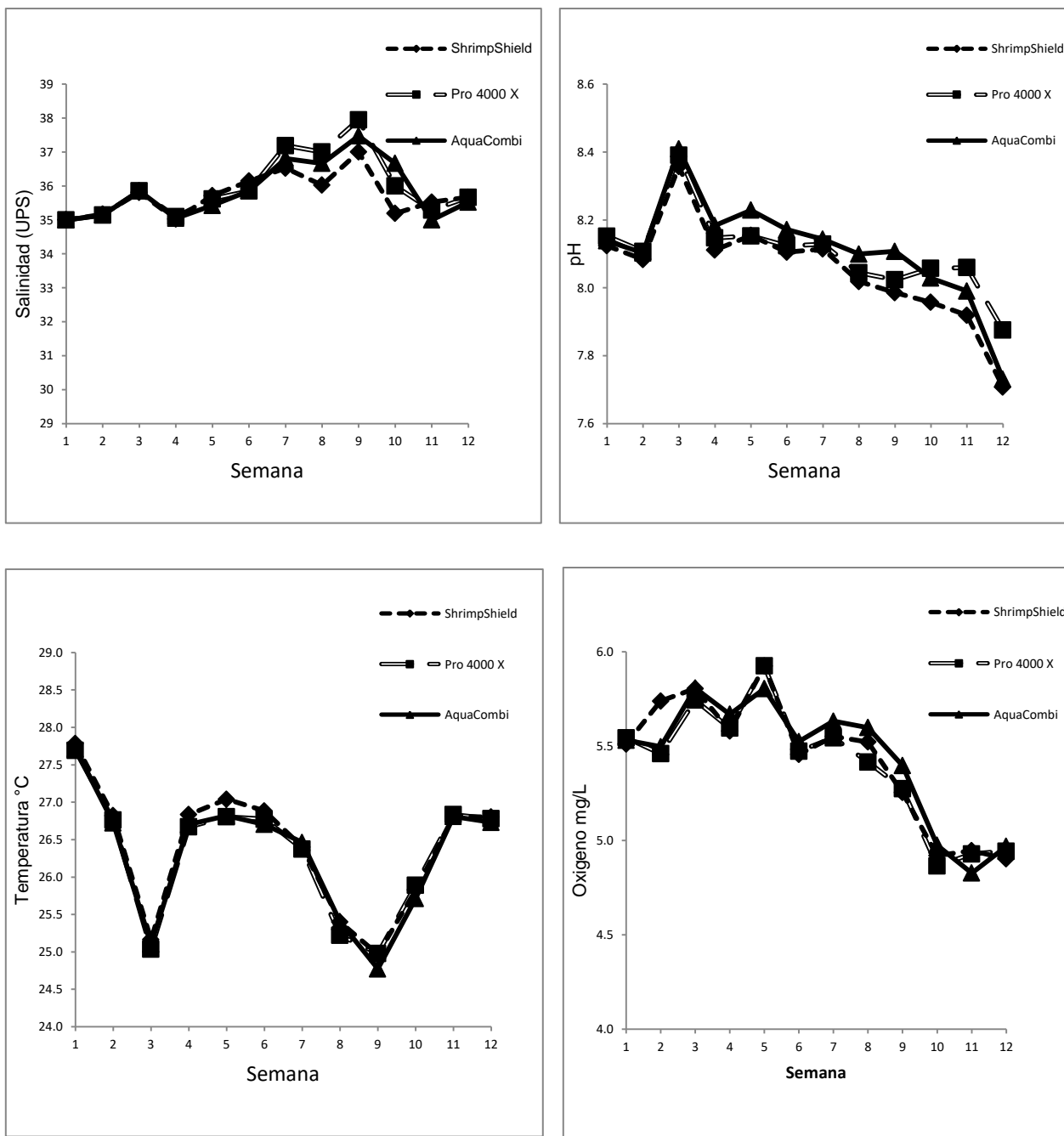


Figura 2. 13 Promedio de variables del tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

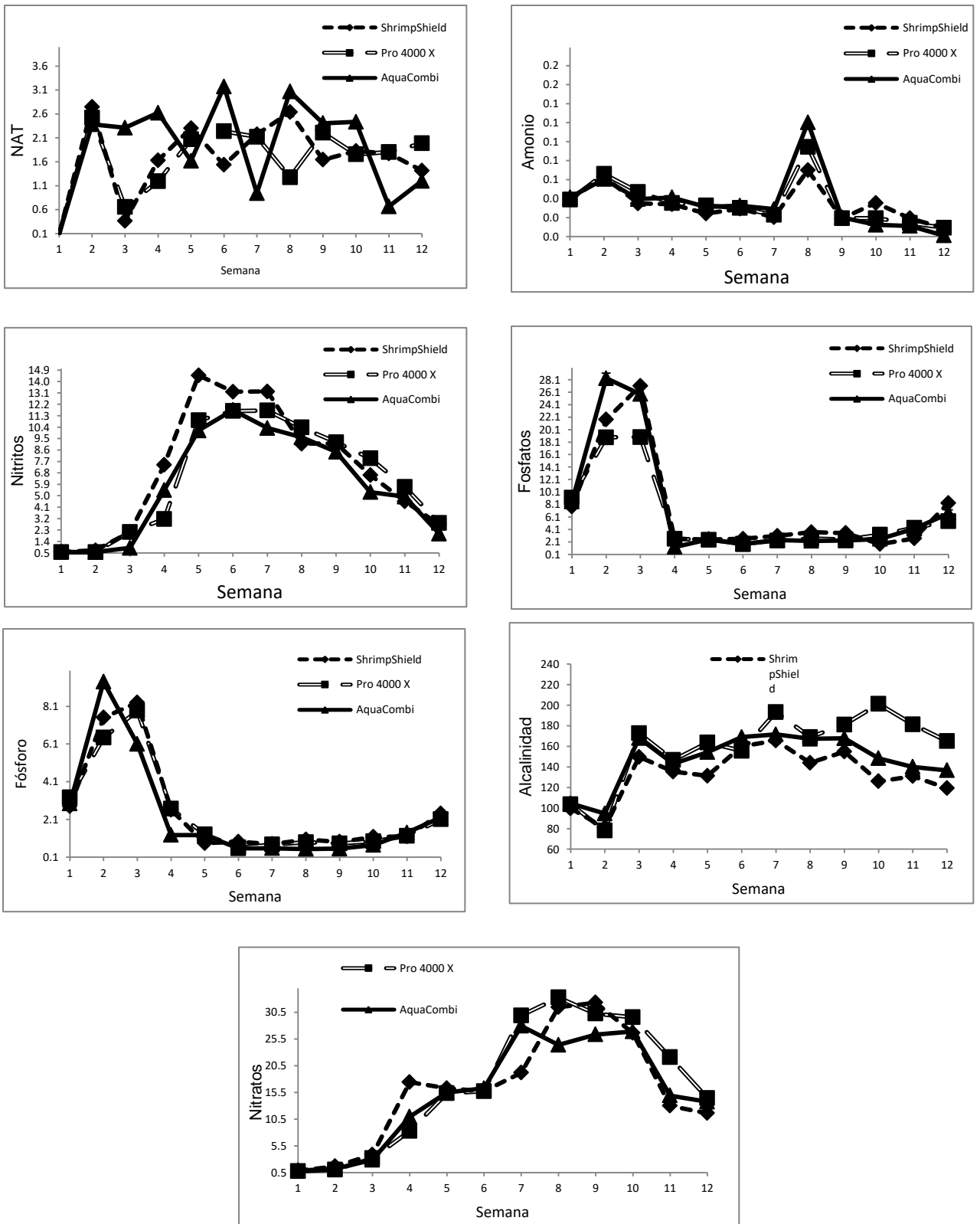


Figura 2. 14 Variación promedio de variables de calidad de agua de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

2.5 CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos de este estudio demuestran una acción benéfica de las mezclas probióticas comerciales adicionadas directamente al agua del cultivo, la calidad del agua no se observó afectada a pesar de la alta densidad de siembra. No obstante, los parámetros zootécnicos sí tuvieron efectos de acuerdo a la mezcla probiótica utilizada según el tratamiento. De acuerdo a los resultados el probiótico AquaCombi presentó el peso final más alto.

2.6 REFERENCIAS

- Alarcón-Silva, S.G. 2013. Calidad del agua y balance de nutrientes (N y P) en el cultivo integrado de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), tomate (*Lycopersicum esculentum*) y lechuga (*Lactuca sativa*) utilizando agua de baja salinidad y cero recambio. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar, UNAM, México, 121 p.
- Alcaraz, G., Chiappa-Carrara, X., Espinoza, V., Vanegas, C. 1999. Acute toxicity of ammonia and nitrite to white shrimp *Penaeus setiferus* postlarvae. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30 (1): 90-97.
- Audelo Naranjo J. M., Martínez-Córdova L. R., Gómez Jiménez S., Voltolina D., 2012. Intensive culture of *Litopenaeus vannamei* without water exchange and with an artificial substrate. *Hidrobiológica* 22(1). 1-7.
- Baudin, F., M. Vigneulle., 1994. Aquaculture Diseases. In: Barnabé, G. (ed.). *Aquaculture: Biology and Ecology of Cultured Species*. CRC Press. Aberdeen. 403p.
- Biao X., Zhuhong D., Xiaorong W., 2004. Impact of the intensive shrimp farming on the water quality of the adjacent coastal creeks from Eastern China. *Marine Pollution Bulletin*. 48. 543-553.
- Boonthai, T., Vuthiphandchai, V., Nimrat, S., 2011. Probiotic bacteria effects on growth and bacterial composition of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture Nutrition*. 17. 634-644.
- Boyd C. E., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Research and Development Series No. 23, Birmingham publishing company, Birmingham, Alabama. 274-282.
- Boyd C. E., Gross A., 1998. Use of probiotics for improving soil and water quality in aquaculture ponds. In Flegel TW (Ed) *Advances in shrimp biotechnology*. National center for genetic engineering and biotechnology, Bangkok, 101-105.
- Boyd C., Fast A.W., 1992. Pond monitoring and management. In: Fast A.W. and Lester L.J. (Eds). *Marine shrimp culture: principles and practices*. Developments in aquaculture and fisheries science, volume 23. Elsevier Science Publisher B.V., The Netherlands.
- Burford, M.A. 2000. Fate and transformation of dietary N in penaeid prawn aquaculture ponds. PhD thesis. The university of Queensland, Brisbane, Australia.
- Burford, M.A., y Glibert, P.M. 1999. Short-term N cycling in early and late growth-phase shrimp ponds. *Aquac. Res.*, 30: 215-227.
- Cohen J. M., Samocha T. M., Fox J. M., Gandy R. L., Lawrence A. L., 2005. Characterization of water quality factors during intensive raceway production of

Juvenile *Litopenaeus vannamei* using limited discharge and biosecure management tools. *Aquacultural Engineering*.32. 425-442.

FAO. (2016). Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2016. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. 224 pp.

Far, H.Z., Saad, C.R.B., Daud, H.M., Harmin, S.A., Shakibazadeh, S., 2009. Effect of *Bacillus subtilis* on the growth and survival rate of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *African Journal Biotechnology*. 8. 3369–3376.

Frías–Espericueta M. G., Harfush–Melendez M., Osuna–López J. I., F. Páez–Osuna F., 1999. Acute toxicity of ammonia to juvenile shrimp *Penaeus vannamei* Boone. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 62. 646–652.

Frías-Espericueta, M., Páez-Osuna, F. 2001. Toxicidad de los compuestos del nitrógeno en camarones. *Camaronicultura y Medio Ambiente*. El Colegio de Sinaloa, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México, 270 pp.

Irianto, A. & B. Austin. 2002. Probiotics in aquaculture. *J. Fish. Dis.* 25: 633-642

Kongnum K., Hongpattarakere T., 2012. Effect of *Lactobacillus plantarum* isolated from digestive tract of wild shrimp on growth and survival of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) challenged with *Vibrio harveyi*. *Fish. Shellfish. Immun.* 32. 170-177.

Kumar, M., N.S. Swarnakumar, K. Sivakumar, T. Thanga-radjou & L. Kannan. 2008. Probiotics in aquaculture: importance and future perspectives. *Indian J. Micro-biol.* 48: 299-308.

Lara-Flores, M., 2011. The use of probiotic in aquaculture: an overview. *International Research Journal of Microbiology*. 2. 471–478.

Lightner D., Chen S. N., Flegel T., Walker P., 2006. Cultured aquatic species information Programme (*Penaeus vannamei*). http://www.fao.org/fishery/cultured-species/Litopenaeus_vannamei/en (consultado 7 de noviembre del 2018).

Lin, Y., Chen, J. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *Journal of Experimental of Marine Biology and Ecology*, 259: 109-119.

Liu, K.F., Chiu, C.H., Shiu, Y.L., Cheng, W., Liu, C.H., 2010. Effects of the probiotic, *Bacillus subtilis* E20, on the survival, development, stress tolerance, and immune status of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* larvae. *Fish Shellfish Immunol.* 28. 837–844.

Mariscal-Lagarda, M.M., Páez-Osuna, F., Esquer-Méndez, J.L., GuerreroMonroy, I., Romo-Del vivar, A., Brito-Solano, K.Y., López-Pérez, D.N., Alonso-Rodríguez, R. 2014. Water Quality in an integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) – tomato (*Lycopersicon esculentum*) using low salinity groundwater in Sonora, México. *Expl Agric.*, 50 (2): 306-319.

Mishra J. K., Samocha T. M., Patnaik, S., Speed M., Gandy R. L. Ali A. M., 2008. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacultural Engineering*. 38. 2-15.

Nimrat S., Suksawat S., Boonthai T., Vuthiphandchai V., 2012. Potential *Bacillus* probiotics enhance bacterial numbers, water quality and growth during early development of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Veterinary Microbiology*. 159. 443-450.

Saad, A.S., M.M. Habashy & K.M. Sharshar. 2009. Growth Response of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*(De Man), to Diets Having Different Levels of Biogen®. *World Appl. Sci. J.* 6: 550-556.

Sahu, M.K., Swarnakumar, N.S., Sivakumar, K., Thangaradjou, T., Kannan, L., 2008. Probiotics in aquaculture: importance and future perspectives. *Indian Journal Microbiology*. 48. 299–308.

Silva E. F., Soares M. A., Calazans N. F., Vogeley J. L., do Valle B. C., Soares R., Peixoto S., 2013. Effect of probiotic (*Bacillus* spp.) addition during larvae and postlarvae culture of the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*. 44. 13–21.

Tacon, A. G. J., Cody, J. J., Conquest, L. D., Divakaran, S., Forster, I. P., Decamp, O. E., 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*. 8:121-137.

Thakura D. P., Lin C. K., 2003. Water quality and nutrient budget in close shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquaculture Research*. 27(3). 159-176.

Utiswannakul, P., Sangchai, S., Rengpipat, S., 2011. Enhanced growth of black tiger shrimp *Penaeus monodon* by dietary supplementation with *Bacillus* (BP11) as a probiotic. *Journal of Aquaculture Research and Development*. S1:006, <http://dx.doi.org/10.4172/2155-9546.S1-006>.

Verschuere, L., Rombaut, G., Sorgeloos, P., Verstraete, W., 2000. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 64. 655–671.

Wang, Y.B., 2007. Effect of probiotics on growth performance and digestive enzyme activity of the shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*. 269. 259–264.

Wasiolesky, 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

Ziaei-Nejad, S., Rezaei, M.H., Takami, G.A., Lovett, D.L., Mirvaghefi, A., Shakouri, M., 2006. The effect of *Bacillus* spp. bacteria used as pro-biotics on digestive enzyme activity, survival and growth in the Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. *Aquaculture*. 252. 516–524.

Zokaei, F.H., C. Roos, H. Mohd, S. Azni & S. Shakibaza-deh. 2009. Effect of *Bacillus subtilis* on the growth and survival rate of shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Afr. J. Biotechnol.* 8: 3369-3376.

CAPÍTULO 3. LOS EFECTO DE TRES DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA DE CAMARÓN (300, 500 Y 700 ORG/M³) SOBRE LOS COMPUESTOS NITROGENADOS Y FÓSFORO EN UN SISTEMA DE CULTIVO SUPERINTENSIVO DE CAMARÓN BLANCO.

RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en nueve geomembranas circulares de polietileno de alta densidad (HDPE), con una capacidad de 1.5 m³ los camarones fueron alimentados con una dieta comercial con 35% de proteína. La ración diaria de alimento se basó mediante un porcentaje del total de la biomasa, obtenida de los muestreos biométricos semanales. El probiótico utilizado para todas las réplicas fue (Neutrobacter[®]). Se evaluaron tres tratamientos con tres replicas cada uno: a) Densidad de siembra 300 org/m³ (T1). b) Densidad de siembra 500 org/m³ (T2). c) Densidad de siembra 700 org/m³ (T3). Las variaciones de temperatura en cada uno de los tratamientos fueron mínimas, la temperatura media fue de 27.07 °C, mientras que las concentraciones mínimas de oxígeno fueron en el T2 y T3 (5.20 mg/L), hubo diferencias significativas entre los tratamientos antes mencionados y el tratamiento T1 (5.37 mg/L). La salinidad no presentó diferencias, se mantuvo en una media de 33.63UPS. Las condiciones más ácidas (pH) se registraron en el T2 y T3 (7.89-7.99) respectivamente. En los compuestos nitrogenados se registraron diferencias significativas en NO₂, las máximas concentraciones de NO₂ se observaron en los T1 y T2 (0.050-0.048 mg/L respectivamente), el T3 presentó las mínimas concentraciones (0.041 mg/L), el PT no presentó diferencias significativas entre los T1 (0.46 mg/L) y T3 (0.50 mg/L) respecto al tratamiento T2, en este último tratamiento se observaron las máximas concentraciones que fueron de 0.52 mg/L. La supervivencia fue mayor en el T1 (91.92%), en el T2 y el T3 presentaron supervivencias de 81.13% y 78.62% respectivamente. Hubo diferencias significativas entre los T1 y T3 (p<0.05), pero no en los T1 y T2, ni en T2 y T3. La mayor ganancia de peso semanal (0.70 g) y el mejor FCA (1.33:1) se registró en el T1, existen diferencias significativas entre T1 y T3; mientras que el mayor peso final se obtuvo en el T1, registran diferencias significativas entre los tres tratamientos. La tasa específica de crecimiento (TEC) se vio afectada por las densidades de siembra.

ABSTRACT

The experiment was carried out in nine circular high density polyethylene (HDPE) geomembranes, with a capacity of 1.5 m³. The shrimp were fed a commercial diet with 35% protein. The daily food ration was based on a percentage of the total biomass, obtained from weekly biometric sampling. The probiotic used for all the replicas was (Neutrobacter®). Three treatments were evaluated with three replicates each: a) Stock density 300 org/m³ (T1). b) Stock density 500 org/m³ (T2). c) Stock density 700 org/m³ (T3). The temperature variations in each of the treatments were minimal, the average temperature was 27.07 °C, while the minimum concentrations of oxygen were in T2 and T3 (5.20 mg/L), there were significant differences between the aforementioned treatments and T1 treatment (5.37 mg/L). The salinity did not present differences, it remained at an average of 33.63 UPS. The most acidic conditions (pH) were recorded in T2 and T3 (7.89-7.99) respectively. In the nitrogenous compounds there were significant differences in NO₂, the maximum concentrations of NO₂ were observed in the T1 and T2 (0.050-0.048 mg/L respectively), the T3 presented the minimum concentrations (0.041 mg / L), the P did not present significant differences between the T1 (0.46 m/L) and T3 (0.50 mg/L) with respect to the treatment T2, in the latter treatment the maximum concentrations were observed that were 0.52 mg/L. Survival was higher in T1 (91.4%), in T2 and T3 they had survivals of 74.03% and 65.02% respectively. There were significant differences between T1 and T3 (p <0.05), but not in T1 and T2, nor in T2 and T3. The highest weekly weight gain (0.70 g) and the best FCA (1.33: 1) was recorded in T1, there are significant differences between T1 and T3; while the highest final weight was obtained in T1, finding significant differences between the 3 treatments.

3.1 INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una industria que se ha convertido en una de las alternativas con mayor viabilidad económica para la producción de alimento, con apoyo de técnicas y procesos sobre los cuales se cultivan organismos acuáticos en condiciones controladas (Guerrero *et al.*, 2004; Montemayor *et al.*, 2005). De acuerdo con la FAO, los camarones peneidos son las principales especies de crustáceos cultivadas en el mundo por lo que constituyen una importante fuente de recursos económicos para muchos países (FAO, 2013). La capacidad de aumentar la producción de camarones por unidad de área es lo que se espera de un sistema superintensivo, además de hacer viable la inversión en una producción biosegura. Dentro de un sistema bioseguro, la intensificación de los sistemas de producción pasa obligatoriamente por el aumento de la producción, es decir, un incremento en las densidades de siembra. Sin embargo, el aumento de la densidad de siembra afecta el crecimiento y la supervivencia del *Litopenaeus vannamei* en sistemas de cultivos (Fróes *et al.*, 2013).

En un estudio del efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Penaeus stylirostris*, Aragón *et al.* (2000), señalan que de acuerdo con el desempeño esta especie a distintas densidades y épocas de cultivo, la mejor densidad de siembra es de 15 PL/m² (primavera) y para el ciclo de verano-otoño de 20 PL/m² en granjas con estanques de tierra. Diversos investigadores (Wyban *et al.*, 1998; Flores, 1994; Limsuwan, 2005) mencionan datos interesantes después de haber trabajado con altas densidades de camarón cultivado, reportan que durante la pre-engorda con 1000 PL/m² los camarones alcanzan condiciones normales de crecimiento entre 1 a 1.5 g en un periodo de 4 a 6 semanas; estiman que la mortalidad para esta etapa es del 30% y la densidad final la establecen en 350 juveniles/m². Además, en Tailandia más de la mitad del cultivo de camarones se realiza con la especie *L. vannamei* con producciones que van de 18 a 30 toneladas/ha/ciclo, con densidades de siembra de 60 a 80 PL/m².

Audelo (1994) señala que la tasa de crecimiento presentó una correlación negativa respecto a la densidad de siembra, además establece que hubo una asociación significativa entre la densidad y la supervivencia, la cual es una la relación de tipo

inversa. Sin embargo y de manera contraria Arámbula *et al.* (1986) llevaron a cabo un estudio de crecimiento de camarón blanco en jaulas en el estero “El Sábalo”, Sinaloa; manejaron densidades de 100, 150 y 200 PL/m², sus resultados indican que la mayor tasa de crecimiento promedio fue en la jaula con mayor densidad.

La alta densidad de cultivo en estos sistemas intensivos implica una alta tasa de alimentación, que se traduce en gran cantidad de materia orgánica. La materia orgánica debe mantenerse suspendida en la columna de agua mediante una fuerte agitación, para impedir su sedimentación y favorecer su exposición a las bacterias aeróbicas.

Las bacterias heterotróficas se encargan de captar los complejos nitrogenados liberados por los peces y utilizarlos en su crecimiento, elimina de esta manera la toxicidad por amonio y nitritos (Ebeling *et al.*, 2006). Organismos acuáticos como el camarón, bagre de canal, híbrido de la lubina rayada y la tilapia han sido cultivados en este tipo de sistemas; sin embargo, no todos los organismos acuáticos soportan esas condiciones de cultivo. Estos sistemas tienen ventajas sobre otros sistemas cerrados de producción, pues, con cero recambios de agua, se reducen los costos de bombeo, se conservan nutrientes en los tanques, se reduce el volumen de los efluentes, se previene la entrada de contaminantes biológicos y patógenos, y se minimiza el escape de los organismos de cultivo al ambiente (Hargreaves, 2006). Los sistemas cerrados de producción intensiva se perciben como una alternativa para aumentar la producción de organismos acuáticos sin incrementar significativamente el uso de agua y tierras, lo que minimiza el impacto de la actividad acuícola sobre el ambiente (Avnimelech, 2009).

La calidad del agua es alterada principalmente por las grandes cantidades de alimento balanceado y de fertilizantes adicionados (Boyd y Tucker, 1998; Ponce *et al.*, 2005; Morales, 2010). Los excesos de tales sustancias principalmente como nutrientes en forma de nitrógeno y fósforo, respecto a la capacidad asimilativa de los estanques de cultivo, disminuyen la calidad de agua durante el cultivo a través de la acumulación de nitrógeno inorgánico disuelto, los cuales son tóxicos para la biota y pueden causar altas mortalidades, por lo cual se utiliza el recambio de agua para

proveer de óptimas condiciones en los camarones cultivados (Saldías, 2001; Páez y Castañeda, 2001). De acuerdo con Reid y Arnold (1992), Davis y Arnold (1998), Van Wyk y Scarpa (1999), el monitoreo del agua se realiza con el propósito de verificar que las condiciones del agua sean óptimas para el buen desarrollo del organismo y poder tomar decisiones de emergencia, en caso de presentarse cualquier problema con el agua.

La calidad del agua determina la capacidad del ambiente que influye directamente en la vida del organismo, por lo que la producción y rendimiento de los cultivos están estrechamente ligados con la calidad del agua (Páez y Castañeda, 2013). De acuerdo con Páez *et al.* (2001) los estudios de calidad de agua tienen dos puntos de partida: el primero, que considera las variables o parámetros conservativos independientes de la actividad biológica, que son afectados por los procesos físicos como: temperatura, radiación solar, viento, precipitación, evaporación, luz, salinidad, alcalinidad, entre otros, y el segundo, que se refiere a los parámetros no conservativos que se alteran por la actividad biológica como: nutrientes (nitrógeno y fósforo), productividad natural, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos totales, entre otros.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Unidades experimentales.

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Unidad Académica Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera en el Laboratorio de Bioingeniería Costera, perteneciente a la Universidad Autónoma de Nayarit. En geomembranas circulares de polietileno de alta densidad (HDPE), con una capacidad de 1.5 m³, las cuales fueron abastecidas con agua marina extraída con una bomba tipo Jacuzzi Magnum Force3® de 3.5 HP, pasa por un sistema de 2 filtros Lifeguard® Aquatics, con arena zeolita y carbón activado, respectivamente. La aireación fue constante durante el cultivo, suministrada mediante un soplador eléctrico de 4.5 HP.

3.2.2 Análisis de compuestos nitrogenados y fósforo.

Semanalmente con un fotómetro YSI 9500 direct-read photometer® se tomaron registros de; nitrógeno (N), amonio (NH₃), amoniaco (NH₄), nitritos (NO₂), nitratos (NO₃), fósforo total (PT), fosfatos (PO₄) y alcalinidad (CaCO₃). Además, cada dos horas se registró el oxígeno disuelto (OD) y la temperatura (°C), con un oxímetro YSI 550A®. Salinidad y el pH Dos veces al día (7:00 y 19:00 h), con un refractómetro Vital Sine SR-6® y con el potenciómetro Hanna pHep Tester®.



Figura 3. 1 Muestreo de pH y salinidad en el agua del cultivo de camarón.

3.2.3 Parámetros zootécnicos.

Los parámetros de crecimiento fueron evaluados conforme a Zokaei *et al.* (2009), los cuales incluyeron: Ganancia en peso (g) = Peso final (g)-peso inicial (g). Peso diario ganado (g/d) =Peso final (g) x peso inicial/días de cultivo. Tasa específica de crecimiento TEC= $([\ln Pf - \ln Pi]/t)*100$. Factor de conversión Alimentaria FCA = Alimento seco entregado/peso húmedo ganado. El porcentaje de supervivencia se determinó al final del experimento como la relación entre el número final y el número inicial de los camarones en cultivo. Esta tasa se expresa como el porcentaje de supervivencia, mediante la siguiente fórmula $S= (Ti/Tf)*100$. (Saad *et al.*, 2009).

3.2.4 Alimentación.

Los camarones fueron alimentados cada dos horas desde el primer día de siembra hasta la cosecha con una dieta comercial con 35% de proteína. La ración diaria de alimento se basó mediante un porcentaje del total de la biomasa estimada, obtenida de los muestreos biométricos semanales.

3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de normalidad y homocedasticidad, si se cumplieron estas dos condiciones se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación múltiple por la prueba de Tukey. Por el contrario, si no cumplió con los requisitos de normalidad y homocedasticidad se le aplicaron una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. El análisis estadístico se elaboró con el programa SPSS versión: 20.

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1 Compuestos nitrogenados.

La calidad del agua presentó variaciones a lo largo del cultivo. Sin embargo, las variaciones de temperatura en los tratamientos fueron mínimas, la temperatura media fue de 27.07 °C, mientras que las concentraciones mínimas de oxígeno se registraron en el tratamiento T2 y T3 (5.20 mg/L), hubo diferencias significativas entre los tratamientos antes mencionados y el tratamiento T1 (5.37 mg/L). La salinidad no presentó variaciones significativas, la cual se mantuvo en una media de 33.63 %. Las condiciones más ácidas (pH) se registraron en los tratamientos T2 y T3 (7.89 y 7.99 respectivamente), existen diferencias significativas entre los tratamientos T2-T3 respecto al T1 (8.02). En las variaciones de los compuestos nitrogenados se registraron diferencias significativas en NO₂, las máximas concentraciones de NO₂ se observaron en los tratamientos T1 y T2 (0.050 y 0.048 mg/L respectivamente), el T3 presentó las mínimas concentraciones (0.041 mg/L). Por otro lado, el fósforo total PT no presentó diferencias significativas entre los tratamientos T1 (0.46 mg/L) y T3 (0.50 mg/L) respecto al tratamiento T2, en este último tratamiento se observaron las máximas concentraciones que fueron de 0.52 mg/L, los resultados antes mencionados se encuentran en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Resultados de las variables de calidad del agua del cultivo del camarón

Parámetro	Tratamiento		
	T1 300 m ³	T2 500 m ³	T3 700 m ³
Temperatura (°C)	31.73 ± 1.043 ^a	31.79 ± 1.003 ^a	31.68 ± 0.963 ^a
Oxígeno (mg/L)	4.91 ± 0.522 ^a	4.81 ± 0.502 ^a	4.81 ± 0.514 ^a
Salinidad (UPS)	35.24 ± 0.972 ^a	34.93 ± 0.976 ^a	35.16 ± 0.981 ^a
pH	7.95 ± 0.143 ^a	7.96 ± 0.143 ^a	7.94 ± 0.161 ^a
NAT (mg/L)	1.91 ± 1.48 ^a	2.26 ± 1.70 ^a	2.67 ± 1.72 ^a
Amoniaco ionizado (mg/L)	0.120 ± 0.109 ^a	0.146 ± 0.130 ^a	0.161 ± 0.133 ^a
Nitritos (mg/L)	3.900 ± 2.56 ^a	4.69 ± 2.57 ^a	3.92 ± 2.48 ^a
Nitratos (mg/L)	13.30 ± 6.08 ^{ab}	10.96 ± 4.76 ^b	15.88 ± 6.87 ^a

Fósforo (mg/L)	2.31 ± 1.36 ^a	2.71 ± 1.57 ^a	2.48 ± 1.30 ^a
Fosfatos (mg/L)	6.14 ± 2.50 ^{ab}	6.05 ± 2.85 ^b	7.13 ± 2.49 ^a
Alcalinidad (mg/L)	116 ± 13.59 ^a	114.87 ± 18.95 ^a	112.72 ± 18.89 ^a

(Media ± DE).

Los promedios en las concentraciones de los parámetros físico-químicos del agua durante el desarrollo del cultivo se mantuvieron por debajo de los rangos óptimos para el cultivo del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boyd, 1998; Van Wyk y Scarpa, 1999; CONAPESCA, 2013), Uno de los factores que puede afectar el crecimiento del camarón es la temperatura. El rango óptimo de temperatura para la especie de *L. vannamei* es de 23°C a 34°C, valores mayores o inferiores pueden ser letales (Lucien, 1989), lo cual coincide con la temperatura promedio que se obtuvo durante el presente estudio (31.71 °C). Por debajo de este rango el crecimiento es lento y arriba de 31° C el animal pierde peso al elevar su metabolismo ya que necesita consumir más alimento balanceado (Ocampo, 2000), a excepción de las concentraciones del amonio (NH₃, NH₄), las cuales se registraron por encima de los rangos óptimos recomendados, éstos incrementos se atribuyen a las altas densidades utilizadas y a los niveles elevados de proteína (35%) que componen las dietas, además los resultados coinciden con diversos autores (Anand *et al.*, 2013; Xu y Pan, 2013; Brito *et al.*, 2016). Sin embargo, Lorenzen *et al.* (1997) reportan que las concentraciones de los compuestos nitrogenados se mantuvieron por debajo del límite tolerable de la especie, en cultivos donde no se hicieron recambios de agua. Lo cual implica que una buena maduración del agua tanto en nutrientes y bacterias heterotróficas en proporciones adecuadas, permite que los niveles de NH₃, NH₄ y NO₂ se mantengan estables.

La temperatura del agua presentó una estabilidad constante a lo largo del ciclo de cultivo, 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 Boyd (2003)

Burford *et al.* (2003) reportan concentraciones de nitrógeno amoniacal total (TAN, para sus siglas en inglés) y nitrito en sistemas intensivos de *L. vannamei* de hasta

3,10 y 2,48 mg/L, respectivamente, sin que estas concentraciones ocasionen un mayor impacto en la producción de camarón. McIntosh *et al.* (2000) observaron un incremento en fósforo con el tiempo en un cultivo intensivo, hasta alcanzar valores de 5,2 – 6,2 mg/L para fosfatos solubles reactivos (SRP para sus siglas en inglés) y de 11,1 – 11,4 mg/L para fósforo total y reportaron que los niveles de nitrógeno inorgánico (TAN, nitrito y nitrato) se mantuvieron bajos y fueron controlados por la población microbiana que se desarrolló en el estanque. El amonio no ionizado (N-NH₃) en los tanques fue menor a 0.05 mg/L para camarones, estos resultados fueron similares a los reportados por Cruz *et al.* (2000), quien trabajo con *L. vannamei* teniendo valores de amonio no ionizado entre 0.05-0.1mg/l. La relativamente alta concentración de nitratos, comparada con los nitritos, sugieren un proceso eficiente de nitrificación en el sistema de cultivo (Avnimelech, 2012).

3.4.2 Parámetros zootécnicos.

La supervivencia fue mayor en el T1 (91.92%), mientras que el T2 y el T3 presentaron supervivencias de 81.13% y 78.62% respectivamente. Hubo diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T3 ($p < 0.05$), pero no en los tratamientos T1 y T2, ni en T2 y T3. La mayor ganancia de peso semanal (0.70 g) y el mejor FCA (1.33:1) se registró en el T1, existen diferencias significativas entre T1 y T3; mientras que el mayor peso final se obtuvo en el T1, teniendo diferencias significativas entre los tres tratamientos. La tasa específica de crecimiento (TEC) también se vio afectada por las densidades de siembra, la mayor TEC se registró en los tratamientos T1 y T2 (9.77% y 9.51% respectivamente), mientras que la menor se observó en el T3 (9.14%), existen diferencias significativas entre los tratamientos T3-T1 y T2-T1 como se muestra en la tabla 3.2.

Tabla 3. 2 Parámetros zootécnicos del cultivo de camarón

Parámetro	Tratamiento		
	T1	T2	T3
	300 m ³	500 m ³	700 m ³
Supervivencia (%)	91.92 ± 1.804 ^a	81.13 ± 0.448 ^a	78.62 ± 2.619 ^a
Peso final (gr)	10.86 ± 0.130 ^a	8.93 ± 0.475 ^{ab}	6.08 ± .665 ^b
Biomasa final (k/m3)	2.99 ± 0.071 ^b	3.62 ± 0.274 ^a	3.34 ± 0.439 ^{ab}
TEC (%/d)	6.54 ± 0.23 ^a	6.57 ± 0.06 ^a	6.51 ± 0.08 ^a
FCA	1.33 ± 0.106 ^a	1.36 ± 0.015 ^a	1.44 ± 0.439 ^a

(Media ± DE).

La densidad utilizada para estos experimentos, tuvieron un efecto directo en las variables de respuesta (supervivencia, crecimiento, tasa específica de crecimiento y factor de conversión alimenticia) lo cual coincide con los resultados obtenidos por distintos investigadores. Davis y Arnold (1998), los cuales comentan que el espacio reducido en los estanques de cultivo por las altas densidades provoca en los organismos cultivados estrés e incita al canibalismo entre ellos, lo cual tiene un efecto directo sobre la supervivencia, sin embargo trabajos reportados (Fróes *et al.*, 2013) con densidades superiores a 1000 org/m³, en los cuales se constata que no solo las densidades tienen efectos directos sobre el crecimiento y la supervivencia; la viabilidad del el espacio y la productividad natural (Peterson y Griffith, 1999).

Las supervivencias obtenidas, coinciden con lo reportado por Williams *et al.* (1996) quien obtuvo supervivencias de 83% a 95% en cultivo hiperintensivo (284 Pl/m³), además Wasielesky *et al.*, (2006) con supervivencia hasta de 98% en densidades de 300 Pl/m³. Olguín (2007) obtuvo una supervivencia de 95.8% y 97.9% (agua dulce y agua salada respectivamente) con densidades de 80 Pl/m³. Estos trabajos son consistentes con los reportados en la presente investigación, donde se obtuvieron supervivencias promedio de 78.62 a 91.92 %. En cuanto al peso final obtenido, es consistente en relación a otros trabajos (Rendón, 2008), donde se reportan crecimientos de 9.5 g en 80 días de cultivo, pero Flores (1994), Zatarain (2001) y

Lagarda *et al.* (2007) reportaron crecimientos de 15.5 g a 20 g en 77 y 80 días. Los resultados opuestos a la presente investigación se deben a que se realizaron con diferentes estrategias de cultivo (bajas salinidades, cultivos en jaulas flotantes en el mar, recambio de agua constante).

Robertson *et al.* (1992) menciona que los camarones cultivados en agua marina pueden crecer hasta 1.19 g/semana, mientras que en el medio natural esta especie crece hasta 1.4 g/semana a densidades relativamente bajas (Menz y Blake, 1980 en Wyban y Seeney, 1989). El FCA fue menor que el reportado por algunos investigadores en cultivos intensivos con densidades de 150 m³ en condiciones de cero recambios de agua (Maia *et al.*, 2016; Gao *et al.*, 2011) pero más alto que el reportado por Maia *et al.* (2012) con densidades de 159 m³.

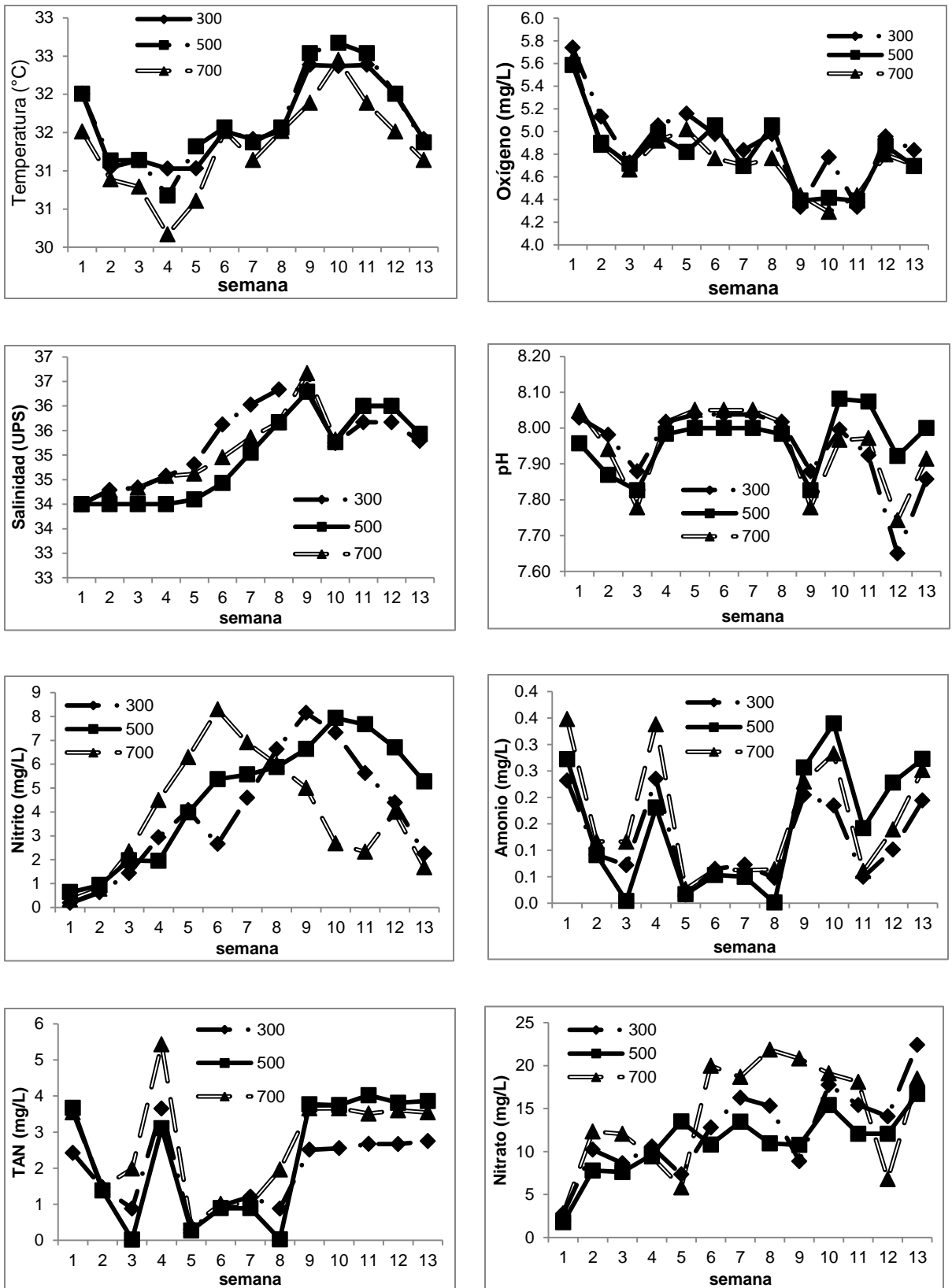


Figura 3. 2 Promedio de variables de calidad de agua de cada tratamiento a lo largo del cultivo de camarón.

3.5 CONCLUSIÓN

Aunque se creyera que la menor densidad utilizada en este trabajo mantendría un ambiente con menos degradación en comparación con la densidad más alta, no fue así pues conforme avanzaba el tiempo de cultivo la biomasa total en ambas densidades se fue igualando manteniendo similitud en cuanto a las variables de calidad del agua. Respecto a los parámetros zootécnicos la densidad de siembre si tuvo efectos negativos en cuanto a crecimiento y supervivencia.

3.6 REFERENCIAS

Anand, P. S. S., Kumar, S., Panigrahi, A. Ghoshal, T. K., Dayal, J. S., Biswas, G., Sundaray, J. K., De, D., Ananda, R. R., Deo, A. D., Pillai, S. M., y Ravichandran, P. (2013). Effects of C:N ratio and substrate integration on periphyton biomass, microbial dynamics and growth of *Penaeus monodon* juveniles. *Aquaculture International*. 21: 511-524.

Aragón, N. E. A., Córdova, M. J. H., Trías, H. H. y García, J. A. R. 2000. Efecto de la densidad de siembra y la estacionalidad en la producción de camarón azul *Litopenaeus stylirostris*. *Ciencia Pesquera*. 14:39-46.

Arámbula, R. R., Briceño R. M. y Yocupicio J. E. 1986. Estudio preliminar de crecimiento de camarón blanco (*Penaeus vannamei*, Boone) en el estéro El Sábalo. Tesis Profesional. ECM. UAS. 44 pp.

Audelo, N. Juan M. 1994. 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.

Avnimelech Y. 2009. *Biofloc technology. A practical guide book*, 182 pp. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.

Baudin, F., M. Vigneulle. 1994. *Aquaculture Diseases*. En: Barnabé, G. (ed.). *Aquaculture: Biology and Ecology of Cultured Species*. CRC Press. Aberdeen. 403p.

Boyd, C. E. 2003. Bottom Soil and Water Quality Management in Shrimp Ponds. *Journal of Applied Aquaculture*. 13:11-33.

Boyd, C.E., Y. Musig. 1992. Shrimp pond effluents: observations of the nature of the problem on commercial farms. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. Baton Rouge, Louisiana, 195–197.

Boyd, C.E. 1989. *Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming*. Fisheries and Allied Aquacultures Departamental Series No. 2, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, 482 p.

Boyd, C.E. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M.C., Boyd, C.E. (eds.). *Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica*. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicaragua. 24-25.

Boyd, C.E., y C.S. Tucker. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, Amsterdam, Países Bajos.

Brito, L. O., Chagas, A. M., Silva, E. P., Soares, R., Severi, W., y Galvez, A. O. 2016. Water quality, *Vibrio* density and growth of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) in an integrated biofloc system with red seaweed *Gracilaria birdiae* (Greville). *Aquaculture Research*. 47: 940-950.

Burford, M.A., P.J. Thompson, R.P. McIntosh, R.H. Bauman, y D.C. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219:393-411.

CONAPESCA. 2013. Acuerdo mediante el cual se aprueba la actualización de La carta Nacional Acuícola.

Cruz- Suarez, L. E., Pérez, E. C. J. y Ricque, M. D. 2000. Producción de alimentos para camarón estables en el agua. *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. La Paz, B.C.S., México.

Davis, D.A., Arnold, C.R., 1998. The design management and production of a recirculating raceway system for the production of marine shrimp, *Aquacultural Engineering*, 17: 193-211.

Ebeling, J.M., M.B. Timmons, J. Bisogni. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, v.257:346-358.

FAO. 2013. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2016. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. 224 pp.

Flores N. A. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de camarón blanco del golfo *Penaeus setiferus* en estanques circulares. Convenio SEPESCACINVESTAV Mérida.

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 bioflocos." *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48(8): 878-884.

Gao, D. W., Y. Tao. 2011. Versability and application of anaerobic ammonium-oxidizing bacteria. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 91-887:894.

Guerrero-Olazarán, E., Cab-Barrera, E.L., Galán-Wong, L.J., Viader-Salvadó, J.M. 2004. Biotecnología de proteínas recombinantes para la aplicación en acuicultura. En:

Cruz-Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto-López, M.G., Villareal, D., Scholz, U., González, M. (eds.). *Avances en nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora, México. 16-19 Noviembre, 2004, 245-258 pp.

Hargreaves, J.A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacult. Eng.* 34,344–363.

Hirono, Y. 1992. Current practices of water quality management in shrimp farming and their limitations. In *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. Baton Rouge, USA: World Aquaculture Society. 157-165.

Lagarda M. M., Páez O. F., Valdez J. C., Llamas H. R., Esquer M. J. L. y Padilla M. R. 2007. Cultivo de camarón blanco utilizando agua de pozo de baja salinidad y tasa de recambio cero en la costa de Hermosillo, Sonora.

Limsuwan, C. 2005. Cultivo intensivo de camarón blanco. *Boletín Nicovita*, Edición. Octubre-Diciembre 2005. 6p.

Lorenzen, K., Struve, J., Cowan, V. J. 1997. Impact of farming intensity and water management on nitrogen dynamics in intensive pond culture: a mathematical model applied to Thai commercial shrimp farms. *Aquaculture Research*. 28: 493 – 507.

Lucien, B. H. 1989. Guía para la producción de camarón en el Ecuador.

Maia, E. P, Modesto, G. A., Brito, L. O., Oliveira, A. G., Gesteira, T. C. V. (2016). Intensive culture system of *Litopenaeus vannamei* in commercial ponds with zero water exchange and addition of molasses and probiotics. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 51(1).

Martínez, L.R.1999. Cultivo de Camarones Peneidos, principios y prácticas. México, D.F.: AGT Editor. 28.

McIntosh D., T.M. Samocha, E.R. Jones, A.L. Lawrence, D.A. McKee, S Horowitz, A Horowitz. 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering*, 21, 251-227.

McIntosh, R. P. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquaculture Advocate* 3:52–54.

Menz, A. y Blake, B.F. 1980. Experiments on the growth of *Penaeus Vannamei* Boone. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 48, 99–111.

Montemayor-Leal, J., Mendoza-Alfaro, R., Aguilera-González, C., RodríguezAlmaraz, G. 2005. Moléculas sintéticas y extractos animales y vegetales como atrayentes alimenticios para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* . *Revista Aquatic*, 22: 1-10.

Morales-Covarrubias, M.S. 2010. Enfermedades del camarón: detección mediante análisis en fresco e histopatología. 2da Ed. Trillas, CIAD, México. 180.

Ocampo, V. L. 2000. Energía metabolizable y eficiencia neta de crecimiento bajo el efecto de variaciones medioambientales en el camarón. In: EN: CIVERA-CERECEDO, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. Y Cruz- Suárez, L.E. (EDS.) (ed.) Avances en Nutrición Acuícola IV. La Paz, B.C.S., México.

Olguín Pineda M. 2007. Entrevista. En: Revista de divulgación Industria Acuícola. Vol. 2 no. 4. Mayo. Pag. 16-19.

Páez-Osuna, F. y Valencia-Castañeda, G. 2013. Cap. 1. Calidad del agua en cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con baja salinidad. En Morales-Covarrubias, M.S. (Ed.). Camaronicultura en agua de baja salinidad, Trillas, México, 9-23 p.

Ponce-Palafox, J.T., R. González-Salas, O. Romero-Cruz, I. Febrero-Toussaint, Arredondo-Figueroa, H. Esparza-Leal, G.M. García-Ulloa. 2005. Enfermedades del camarón de agua dulce *Macrobrachium tenellum* y *M. rosenbergii* durante el cultivo comercial en estanques rústicos, en empresas rurales. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET 6 (12). Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>.

Reid, B., Arnold, C.R. 1992. The intensive culture of the penaeid shrimp *Litopenaeus vannamei* Boone in a recirculating raceway system. Journal of the World Aquaculture Society 23: 146-153.

Rendón Martínez, L. A. 2008. Cultivo hiper-intensivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (boone, 1931) en estanques de agua dulce y agua marina, bajo condiciones semicontroladas.

Saldias, C.A. 2001. Efluentes y balance de nutrientes en piscinas camaroneras con diferentes prácticas de manejo. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Samocha, T.M. Lawrence, A.L., Collins, C.A., Castille, F.L., Bray, W.A., Davies, C.J., Lee, P.G., Wood, G.F. (2004). Production of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in high density greenhouse enclosed raceways using low salinity groundwater. Journal of Applied Aquaculture. 15: 1-19.

Tacon, A. G. J., J. J. Cody, L. D. Conquest, S. Divakaran, I. P. Forster, O.E. Decamp. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition. 8:121-137.

Van Wyk, P., Scarpa, J., 1999. Water quality requirements and management, Florida Department of Agriculture and Consumer Services (eds.), USA, pp. 141-161.

Wasielesky, W. J., Atwood, H.I, Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 258, 396-403.

Wyban, J., W.A. Walsh, and D.M. Godin. 1995. Temperature effects on growth, feeding rate and feed conversion of the Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 138: 267-279.

Saad, A.S., M.M. Habashy & K.M. Sharshar. 2009. Growth Response of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*(De Man), to Diets Having Different Levels of Biogen®. *World Appl. Sci. J.* 6: 550-556.

Xu, W. J., Pan, L. Q. 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*. 356–357: 147–152.

Zatarain Alvarez M. 2001. Evaluación del uso de inductores en la promoción del zooplankton en el cultivo de camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Simpson). Tesis maestría. FACIMAR. UAS. Mazatlán, México.

CONCLUSIÓN GENERAL

La utilización de alimentos con diferente fuente proteica no tuvo un efecto negativo en la calidad del agua de cultivo manteniendo similitud en los tres tratamientos. Las alternativas al uso de harina de pescado en alimentos para camaron han dado buenos resultados tanto en supervivencia como en crecimiento, en este trabajo se comprobó.

Como auxiliar en cultivos superintensivos de camaron, el uso de probióticos dio muy buenos resultados como biorremediadores del agua dando un ambiente optimo para el desarrollo del cultivo, el probiótico con minerales y enzimas presento el peso mayor al tiempo de cosecha.

la calidad del agua no tuvo efecto negativo en las variables que se consideran toxicas para el camarón. No obstante, la densidad de siembra influye directamente en el crecimiento y supervivencia de los camarones cultivados.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

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

Baudin, F., y Vigneulle, M. 1994. *Aquaculture Diseases*. En: Barnabé, G. (ed.). *Aquaculture: Biology and Ecology of Cultured Species*. CRC Press. Aberdeen. 403p.

Boyd, C. E., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. *Research and Development Series No. 23*, Birmingham publishing company, Birmingham, Alabama. 274-282.

Boyd, C. E., Y. Musig. 1992. Shrimp pond effluents: observations of the nature of the problem on commercial farms. *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. Baton Rouge, Louisiana, 195–197.

Boyd, C. E., y Tucker, C.S. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers, Ámsterdam, Países Bajos.

Boyd, C. E. 2001. *Water Quality. An Introduction*. Kluwer Academic Publishers, Ámsterdam, Países Bajos.

Boyd, C. E. 2003. Bottom Soil and Water Quality Management in Shrimp Ponds. *Journal of Applied Aquaculture*. 13:11-33.

Boyd, C. E. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M.C., Boyd, C.E. (eds.). *Métodos para Mejorar la Camaronicultura en Centroamérica*. Editorial-Imprenta UCA, Managua, Nicaragua. 24-25.

Burford, M., Thompson, P. J., R.P. McIntosh, R.H. Bauman, y D.C. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*. 219 (1-4): 393-411.

Burford, M. A., P.J. Thompson, R.P. McIntosh, R.H. Bauman, y D.C. Pearson. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture* 219:393-411.

Ebeling, J. M., M.B. Timmons, J. Bisogni. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, v.257:346-358.

FAO. (2016). *Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2016*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. 224 pp.

Focken, U., Groth A., Coloso R. M., y Becker K. 1998. Contribution of natural food and supplemental feed to the gut content of *Penaeus monodon* Fabricius in a semi intensive pond system in the Philippines. *Aquaculture* 164:105-116.

Funge-Smith, S.J., y M.R. Briggs. 1998. Nutrient budgets in intensive shrimp ponds: implication for sustainability. *Aquaculture* 164:117-133.

Guerrero, E., Cab, E.L., Galán, L.J., Viader, J.M. 2004. Biotecnología de proteínas recombinantes para la aplicación en acuicultura. En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto-López, M.G., Villareal, D., Scholz, U., González, M. (eds.). *Avances en nutrición Acuícola VII. Memorias del VII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Hermosillo, Sonora, México. 16-19 noviembre, 2004, 245-258 pp.

Hargreaves, J.A. 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*. 34(3):344-363.

Hirono, Y. 1992. Current practices of water quality management in shrimp farming and their limitations. In *Proceedings of the Special Session on Shrimp Farming*. Baton Rouge, USA: World Aquaculture Society. 157-165.

Horowitz, A., y S. Horowitz. 2001. Microorganismos y prácticas de alimentación en acuicultura. *Aquanoticias de Latinoamérica* 1(1):37-39.

Jackson, C., N. Preston, P.J. Thompson, y M. Burford. 2003. Nitrogen budget and effluent nitrogen components at an intensive shrimp farm. *Aquaculture* 218:397-411.

Martin, J. L. M., Y. Veran, O. Guelorget, y D. Pham. 1998. Shrimp rearing: stocking density, growth, impact on sediment, waste output and their relationships studied through the nitrogen budget in rearing ponds. *Aquaculture* 164:135-149.

Martínez, L. R. 1999. *Cultivo de Camarones Peneidos, principios y prácticas*. México, D.F.: AGT Editor. 28.

Martínez, L. R., A. Campaña, y M.A. Porchas-Cornejo. 2002. The effects of variation in feed protein level on the culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone), in low-water exchange experimental ponds. *Aquaculture Research* 33:995-998.

Montemayor, J., Mendoza, R., Aguilera, C., Rodríguez, G. (2005). Moléculas sintéticas y extractos animales y vegetales como atrayentes alimenticios para el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista Aquatic*, 22: 1-10.

McIntosh, D., T. M. Samocha, E. R. Jones, A. L. Lawrence, D. A. McKee, S. Horowitz, y A. Horowitz. 2000. The effect of a commercial bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with a low-protein diet in an outdoor tank system and no water exchange. *Aquacultural Engineering* 21:215-227.

McIntosh, R. P. 2000. Changing paradigms in shrimp farming: V. Establishment of heterotrophic bacterial communities. *Global Aquaculture Advocate* 3:52–54.

McNeil, R. 2001. Consideraciones claves en sistemas heterotróficos, aeróbicos con cero recambios. *Aquanoticias de Latinoamérica*. 1(1):29-32.

Molina, C. A. 1998. Disminución de la proteína en el alimento del camarón, como una estrategia para reducir el impacto ambiental. Páginas 183-203 en L.E. Cruz-Suárez, D. Ricque-Marie y R. Mendoza-Alfaro, editores. IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, La Paz, B.C.S., México.

McIntosh, D., Samocha, T. M., Jones E. R., A. L. Lawrence, S. Horowitz, y A. Horowitz. 2001. Effects of two commercially available low-protein diets (21% and 31%) on water and sediment quality, and on the production of *Litopenaeus vannamei* in an outdoor tank system with limited water discharge. *Aquacultural Engineering* 25:69-82.

Saldias, C. A. 2001. Efluentes y balance de nutrientes en piscinas camaroneras con diferentes prácticas de manejo. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

Samocha, T. M., A.L. Lawrence, A. Horowitz, y S. Horowitz. 1998. Commercial bacterial supplement – its potential use in the production of marine shrimp under no water exchange. En D.E. Jory, editor. *Proceedings of the First Latin American Shrimp Culture Congress & Exhibition, 6-10 October 1998, ATLAPA Convention Center Panamá City, Panamá.*

Smith, D. M., Burford, M. A., Tabrett S. J., Irvin, S.J., y L. Ward. 2002. The effect of feeding frequency on water quality and growth of the black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture* 207:125-136.

Tacon, A.G.J. 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Discussion. Published by the Consortium.

Tacon, A.G.J., J.J. Cody, L.D. Conquest, S. Divakaran, I.P. Forster, y O.E. Decamp. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition* 8:121-137.

Tacon, A. G. J., J. J. Cody, L. D. Conquest, S. Divakaran, I. P. Forster, O.E. Decamp. 2002. Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific with shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. *Aquaculture Nutrition*. 8:121-137.

Teichhert-Coddington, D.R., D. Martínez, y E. Ramírez. 2000. Partial nutrient budgets for semi-intensive shrimp farms in Honduras. *Aquaculture* 190:139-154.

Thakur, D.P., y C.K. Lin. 2003. Water quality and nutrient budget in closed shrimp (*Penaeus monodon*) culture systems. *Aquacultural Engineering* 27:159-176.

Velasco, M., A.L. Lawrence, y W.H. Neill. 1998. Effects of dietary phosphorus level and inorganic source on survival and growth of *Penaeus vannamei* postlarvae in zero water exchange culture tanks. *Aquatic Living Resources* 11:29-33.

Villareal, H. 2011. Optimización del cultivo Intensivo de Camarón en México. 1er. Seminario Centroamericano de Producción de Camarón. Guatemala.