

Efecto de la alimentación natural con organismos del meiobentos marino y biofloc sobre los parámetros de producción en el cultivo de camarón *Penaeus vannamei*

Effect of natural feeding with marine meiobenthic and biofloc organisms on production parameters in *Penaeus vannamei* shrimp culture

Teresa Eulalia Ibarra-Mayorga , Ariana Solange Jijón-Vergara , Jonathan Josue Proaño-Morales , Víctor Alfonso Cobeña-Veliz 

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo-Manabí, 13104, Ecuador.

Correspondencia: Teresa Eulalia Ibarra-Mayorga, E-mail: teresa.ibarra@utm.edu.ec

Artículo original | Original article

Palabras clave

Biofloc
Sustratos
Nematodos
Camarón

RESUMEN | Con el crecimiento demográfico, el consumo de camarón aumenta exponencialmente, por lo cual es imprescindible la búsqueda de nuevas tecnologías que disminuyan costos y optimicen la producción. Los sistemas biofloc compuestos por bacterias, algas, protozoos y metazoos han sido considerados una alternativa eficiente como suplemento alimentario en el cultivo de camarón. Además, el suministro de meiofauna en los cultivos tiene efectos positivos en el crecimiento del camarón debido a su alto contenido proteico y de ácidos grasos poliinsaturados. Se evaluó el efecto de la alimentación natural con organismos del meiobentos marino y biofloc sobre los parámetros de producción en el cultivo de *Penaeus vannamei*. El ensayo se realizó en temporada de verano y se analizaron parámetros de calidad del agua e indicadores productivos. La densidad inicial de cultivo fue 40 postlarvas por 0,18 m². Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado conformado por cuatro tratamientos con tres réplicas. En el tratamiento 1 (B), se utilizó la tecnología convencional para cultivo de camarón, con alimento balanceado y agua de mar. En el tratamiento 2 (S) se colocó una capa de cinco centímetros de sustrato arenoso fino y alimento balanceado. En el tratamiento 3 (S-Bf) se añadió sustrato, biofloc y alimento balanceado. En el tratamiento 4 (B-Bf) se aplicó biofloc y alimento balanceado. Los valores de temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, nitrito, nitrato y amoníaco se mantuvieron dentro de los parámetros óptimos para la especie. El tratamiento que tuvo el mayor peso final fue S-Bf (1,17 g) y el tratamiento que reportó menor peso fue el B con 0,76 g. Los resultados sugieren que la combinación de los flóculos bacterianos del biofloc más los micro invertebrados meiobentónicos pueden constituir una estrategia para mejorar la productividad del cultivo y mantener los parámetros ambientales en intervalos óptimos.

Keywords

Biofloc
Substratum
Nematodes
Shrimp

ABSTRACT | With human population growing, shrimp consumption increases exponentially, which is why the search for new technologies that reduce costs and optimize production is essential. Biofloc systems, composed of bacteria, algae, protozoa, and metazoan, have been considered an efficient alternative as a food supplement in shrimp farming. Furthermore, the supply of meiofauna in crops has positive effects on shrimp growth due to its high protein and polyunsaturated fatty acid content. The effect of natural feeding with marine meiobenthic organisms and biofloc was evaluated on the production parameters in the *Penaeus vannamei* culture. The test was carried out in the summer season and water quality parameters and productive indicators were analyzed. The initial culture density was 40 postlarvae per 0.18 m². A completely randomized experimental design was used with four treatments and three replications. In treatment 1 (B), the conventional technology for shrimp culture was used, with dry feed and seawater. In treatment 2 (S) a layer of five centimeters of fine sandy substrate and dry feed were used. In treatment 3 (S-Bf) substrate, biofloc, and dry feed were used. In treatment 4 (B-Bf) biofloc and dry feed were applied. The values of temperature, pH, salinity, dissolved oxygen, suspended solids, nitrite, nitrate, and ammonia were kept within the optimal parameters for the species. The treatment with the highest final weight was S-Bf (1.17 g) and the one with the lowest weight was B with 0.76 g). The results suggest that the combination of bacterial flocs of the biofloc plus the meiobenthic microinvertebrates can become a strategy to improve the productivity of the culture and maintain the environmental parameters in optimal intervals.

INTRODUCCIÓN

Con el aumento poblacional, el consumo de camarón y pescado ha crecido con rapidez, por lo cual es imprescindible la búsqueda de tecnologías nuevas tecnologías que disminuyan costos y optimicen la producción (Grealis *et al.*, 2017). En el cultivo de camarón, el gasto por alimento balanceado constituye el factor económico más alto. Cuando en el ciclo de producción se incluye la tecnología biofloc (BFT) no solo se logra reducir la descarga de aguas residuales, sino también disminuye la cantidad de balanceado necesaria para el desarrollo de los organismos. Los flóculos microbianos están compuestos en su mayoría por bacterias, algas y protozoos, los cuales pueden servir como un complemento en la alimentación del camarón (Cuzon *et al.*, 2004). Por otra parte, algunos de estos microorganismos tienen características metabólicas que les permiten asimilar compuestos nitrogenados provenientes de las heces del camarón y de la descomposición misma de los alimentos, mejorando los indicadores de calidad del agua (Loureiro *et al.*, 2012).

El alimento natural puede representar el 70% de los requerimientos nutricionales del camarón de cultivo y los organismos bentónicos son utilizados como parte fundamental de la productividad natural para la alimentación del camarón (Martínez-Córdova, 2003; Martínez-Córdova *et al.*, 2003). El meiobentos es parte del alimento vivo, constituye un grupo importante y diverso de organismos heterótrofos que viven en el sustrato arenoso (Grzelak y Kotwicki, 2011). Participan en la transferencia de energía a través del ecosistema y son un vínculo importante entre productores primarios y niveles tróficos superiores en los sistemas bentónicos (Giere, 2009).

Se han encontrado en el tracto digestivo del camarón partes de nematodos, poliquetos, anélidos, moluscos y otros crustáceos (Nunes *et al.*, 1997). Los análisis bioquímicos determinan que los protozoos contienen esteroides que se transforman a colesterol y los nematodos contienen una alta concentración de proteínas y ácidos grasos poliinsaturados (Loureiro *et al.*, 2012). Estos estudios demuestran porqué los crustáceos logran satisfacer sus requerimientos nutricionales a partir de alimento vivo (Brüggemann, 2012). Samocha y Lewinsohn (1977) realizaron el primer ensayo en donde se alimentaron postlarvas de crustáceos con nematodos, amplificando las opciones en la alimentación en la industria de la acuicultura. Los nematodos son considerados como una fuente potencial de alimento para el cultivo de postlarvas, no solo por ser fáciles de cultivar y masificar, sino también porque su composición química favorece a la nutrición de los crustáceos (Kahan *et al.*, 1980). En el estudio realizado por Wilkenfeld *et al.*, (1984) se determinó que especies como *Farfantepenaeus aztecus*, *Penaeus setiferus* y *Penaeus vannamei* pueden sobrevivir con una dieta basada únicamente en la ingesta del nematodo *Panagrellus redivivus*; sin embargo, se ha descrito que en dependencia de la especie con la que se trabaje, se necesitará una dieta basada únicamente en nematodos o una complementada con algas (Brüggemann, 2012).

Por otro lado, los poliquetos marinos, componentes de la meiofauna, se alimentan de materia orgánica en depósito, son biofiltros eficientes y proporcionan servicios de nitrificación y desnitrificación para sistemas de cultivo con recirculación. Además, la asimilación de residuos de materia orgánica produce un producto secundario de alto valor; los tejidos de estos organismos (gusanos de arena) capturan proteínas y lípidos con contenido de ácidos grasos poliinsaturados (Brown *et al.*, 2011). Por lo tanto, se puede deducir que la presencia de micro invertebrados puede influenciar en el crecimiento de *P. vannamei*.

En Ecuador, la industria camaronera es uno de los sectores productivos más importantes, por lo que se requiere comprender el comportamiento tanto del camarón de cultivo, como de los organismos contenidos en los flóculos y en el sustrato para aprovechar sus propiedades y generar biotecnologías que mejoren la producción. En este estudio se evaluó el efecto de la alimentación natural con meiobentos marino y biofloc sobre los parámetros de producción en el cultivo de camarón *P. vannamei*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Peces y Crustáceos con Tecnología Biofloc de la Universidad Técnica de Manabí.

Diseño experimental

Se utilizaron 12 acuarios de plástico de forma rectangular con un área de 0,18 m², una profundidad de 0,28 m, capacidad máxima de 51 L y aireación constante mediante el uso de mangueras difusoras. Se vertió 40 L de agua de mar filtrada. Se sembraron 40 postlarvas de *P. vannamei* que se obtuvieron de un laboratorio de cría con un peso promedio inicial de 0,07 ± 0,004 g.

Se conformó por cuatro tratamientos con tres réplicas cada uno, y una distribución completamente al azar. En el tratamiento 1 (B), se utilizó la tecnología convencional para cultivo de camarón, balanceado y agua de mar. En el tratamiento 2 (S) se colocó una capa de cinco centímetros de sustrato arenoso fino colectado en la zona intermareal de la playa Punta Bellaca (cantón Sucre) durante la bajamar y además se administró alimento balanceado. En el tratamiento 3 (S-Bf) se añadió sustrato, biofloc y balanceado. En el tratamiento 4 (B-Bf) se aplicó biofloc y alimento balanceado.

A cada acuario se suministró alimento balanceado al 32% de proteína, dos veces al día (7h00 y 17h00), al 10% del peso del animal. El camarón se alimentó *ad libitum* de biofloc y de los organismos contenidos en el sustrato arenoso.

En función de observar la calidad del agua durante el experimento se midieron diariamente los siguientes indicadores de calidad agua: temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), salinidad, pH con un multiparámetro YSI 54, a las 9:00 y 15:00.

Para medir las variables de nutrientes nitrogenados y fosfatos en el agua NH₃ (mg/L), NO₂ (mg/L), NO₃ (mg/L), PO₄ (mg/L), se utilizó un espectrofotómetro HACH, modelo DR 1900. Los sólidos suspendidos totales (mg/L) se midieron con el método de Rodier *et al.*, (2011).

Se utilizó la microalga *Tetraselmis suecica*, junto con bacterias heterótrofas para formar un conjugado de microorganismos bacteria-alga, tanto las microalgas como las bacterias se cultivaron por separado. Esto se mezcló con un inóculo maduro de biofloc que se obtuvo de los tanques de peces *Dormitator latifrons* (Ibarra-Mayorga *et al.*, 2014).

Para la observación y cuantificación microscópica de los organismos asociados al sustrato arenoso, se tomaron muestras de sustrato cada quince días. Con una caja Petri de 5 cm de diámetro y 1 cm de altura, se tomó una muestra de la capa de sustrato que contenía los organismos del meiobentos. Posteriormente, se diluyó 454 g de azúcar en un litro de agua y se mezcló con el sustrato en una proporción 1:3. Se homogenizó la solución obtenida manualmente durante 10 min agitando vigorosamente hasta obtener una mezcla que mostraba una bicapa. Se tomó el sobrenadante y se filtró en un tamiz de 30 μ para obtener la meiofauna. Esta se conservó en formalina al 4 % en agua de mar tamponada, las muestras se tiñeron con eosina y se usó la cámara de conteo de Bogorov (Ibarra-Mayorga *et al.*, 2014).

Para la identificación del meiobentos se tomaron 3 muestras de sustrato arenoso de cada tratamiento, se fijaron con formalina al 4%; se observaron y contabilizaron de manera directa en un estereomicroscopio binocular *Olympus SZ61*.

En función de analizar el rendimiento de los tratamientos se realizaron muestreos quincenales de crecimiento (g), peso (g) y supervivencia. Se realizaron biometrías totales.

Análisis de datos

Se realizó análisis de varianza de clasificación simple de una vía, aplicándose la dócima de Duncan para $p < 0,05$ en los casos necesarios.

Para el análisis de la supervivencia se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para la variable a partir de las dócimas de Shapiro Wilk (1965) para la normalidad de los errores y la dócima de

Levene (1960) para la homogeneidad de varianza. Se empleó la transformación $\sqrt[0]{\%}$, se realizó análisis de varianza no paramétrico de clasificación simple (Kruskal Wallis) de una vía. Se aplicó la dócima de Conover (1999) para la comparación de los rangos medios.

RESULTADOS

Parámetros de calidad del agua

Los resultados obtenidos al evaluar la calidad del agua durante los 45 días del estudio demuestran que la temperatura, el oxígeno disuelto, salinidad, nitrato, fosfato y los sólidos totales suspendidos, no presentaron diferencia estadística entre los tratamientos ($p \geq 0.05$). Los valores de amoníaco mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. En el tratamiento B se obtuvo el pH más bajo $7,99 \pm 0,06$ y en el tratamiento S-BF el pH más alto $8,14 \pm 0,03$. El tratamiento B-BF presentó el valor más bajo de amoníaco $0,18 \pm 0,16$ mg/L y el tratamiento S-BF el más alto $0,50 \pm 0,23$ mg/L (Tabla 1).

Tabla 1 Parámetros de calidad del agua (media \pm DE) del cultivo de *Penaeus vannamei*

	Temperatura (°C)	OD – (mg/L)	pH	NH ₃ – (mg/L)	NO ₂ – (mg/L)	NO ₃ – (mg/L)	PO ₄ – (mg/L)	STS – (mg/L)	Salinidad – (UPS)
B	25,44 $\pm 0,02$	^a 4,47 $\pm 0,21$	^a 7,99 $\pm 0,06$	^c 0,47 $\pm 0,26$	^{ab} 0,94 $\pm 0,47$	^a 0,93 $\pm 0,42$	^a 0,42 $\pm 0,25$	----	34,77 ^a 0,21
S	25,47 $\pm 0,05$	^a 4,63 $\pm 0,09$	^a 8,09 $\pm 0,02$	^{ab} 0,32 $\pm 0,13$	^{bc} 0,96 $\pm 0,23$	^a 0,91 $\pm 0,31$	^a 0,51 $\pm 0,35$	----	34,60 ^a 0,22
S-BF	25,48 $\pm 0,06$	^a 4,82 $\pm 0,04$	^a 8,14 $\pm 0,03$	^a 0,50 $\pm 0,23$	^a 1,23 $\pm 0,38$	^a 0,84 $\pm 0,34$	^a 0,58 $\pm 0,52$	295,11 $\pm 152,49$	34,90 ^a 0,14
B-BF	25,47 $\pm 0,03$	^a 4,54 $\pm 0,14$	^a 8,03 $\pm 0,07$	^{bc} 0,18 $\pm 0,16$	^c 1,30 $\pm 1,07$	^a 1,24 $\pm 1,15$	^a 0,50 $\pm 0,47$	310,89 $\pm 143,07$	34,84 ^a 0,19

Las letras diferentes en superíndice en la misma columna representan diferencias significativas ($p < 0.05$); OD (mg/L): Oxígeno Disuelto en miligramos por litro; pH: Potencial hidrógeno; NH₃ (mg/L): Amoníaco en miligramos por litro; NO₂ (mg/L): Nitrito en miligramos por litro; NO₃ (mg/L): Nitrato en miligramos por litro; PO₄ (mg/L): Fosfato en miligramos por litro; STS (mg/L): sólidos totales suspendidos en miligramos por litro.

Crecimiento y supervivencia

En cuanto a la supervivencia, el tratamiento B presentó el mejor porcentaje con un 94,67% y el tratamiento B-BF presentó la tasa más baja con un 57%. En la eficiencia proteica (EP) se tuvo diferencias significativas entre los tratamientos, el ensayo B reportó una EP más alta 2,77 y el ensayo B-BF tuvo una EP más baja 1,89. Cuando se analizó la productividad se determinó que el tratamiento con mayores valores fue S-Bf con 615,29. Por otro lado, la tasa de conversión alimentaria (FCA) no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$).

Tabla 2. Desempeño Zootécnico (media \pm DE) de *Penaeus vannamei*

	Peso final (g)	Supervivencia (%)	FCA	E.P. (%)	E.A. (%)	Productividad Kg/m ²
B	0,76 \pm 0,19 ^b	94,67 \pm 2,31 ^b	1,64 \pm 0,01 ^a	2,77 \pm 0,01 ^a	82,10 \pm 9,83 ^{ba}	261,33 \pm 13,79 ^b
S	0,79 \pm 0,13 ^b	87,33 \pm 6,11 ^b	1,73 \pm 0,13 ^a	2,63 \pm 0,19 ^{ab}	63,20 \pm 38,24 ^b	469,6 \pm 48,90 ^{ab}
S-BF	1,17 \pm 0,11 ^a	79,55 \pm 0,17 ^{ab}	1,92 \pm 0,14 ^a	2,38 \pm 0,18 ^{ab}	115,49 \pm 8,90 ^a	615,30 \pm 32,20 ^a
B-BF	1,11 \pm 0,03 ^a	57,00 \pm 13,45 ^a	2,56 \pm 0,81 ^a	1,89 \pm 0,53 ^b	111,24 \pm 7,20 ^a	607 \pm 187 ^a

a,b,y c: medias con letras distintas en filas difieren significativamente a $P < 0,05$.

Abundancia de organismos del meiobentos en el sustrato arenoso

Los resultados obtenidos indican variaciones entre las diversas comunidades de organismos de la meiofauna que se encuentran asociados al sustrato arenoso. Dentro de los principales grupos se encontraron poliquetos, oligoquetos, nematodos, copépodos, ofiuros, acáridos y foraminíferos (Fig.1).

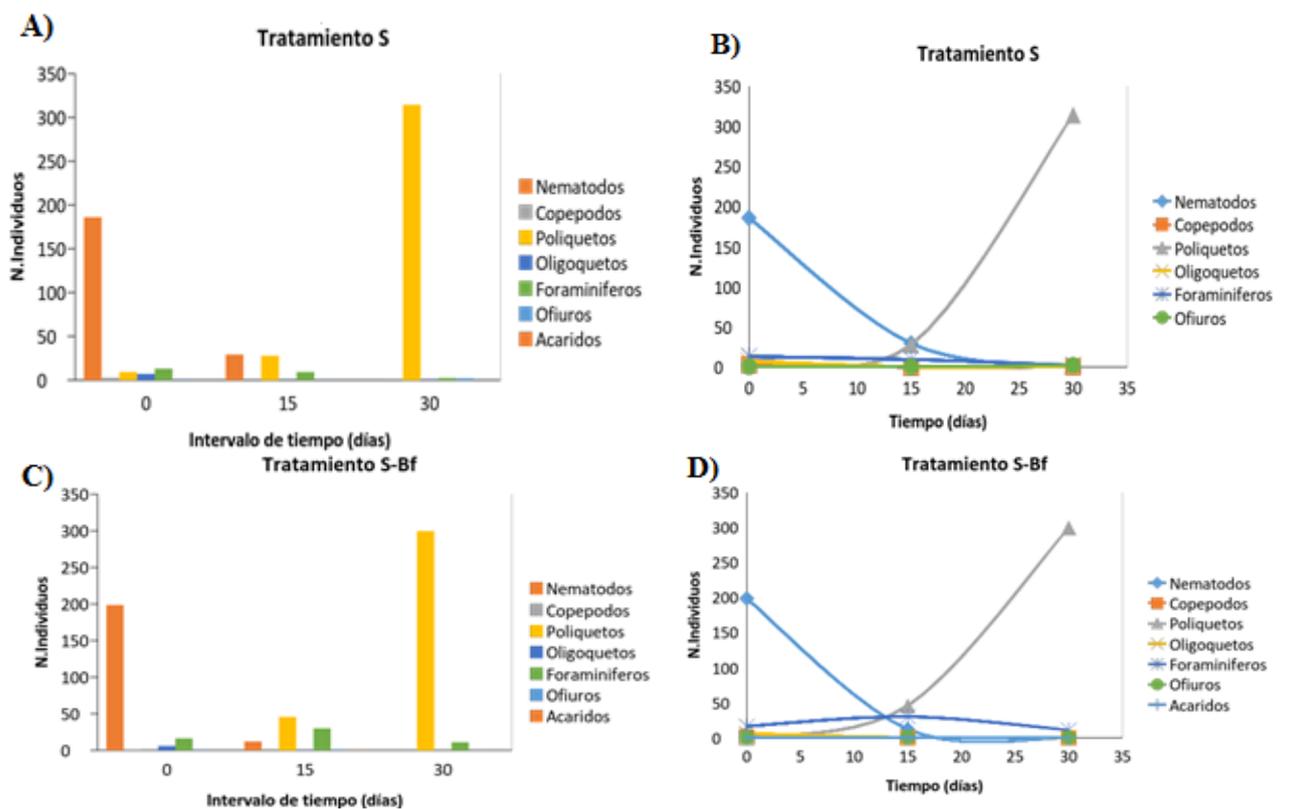


Figura 1. Densidad de organismos del meiobentos contenidos en el sustrato arenoso en el tiempo: A y B: describe la distribución y comportamiento de nematodos, foraminíferos y la curva de aumento de poliquetos en el sustrato arenoso del tratamiento S. C y D describe la distribución y comportamiento de nematodos, foraminíferos y la curva de aumento de poliquetos en el sustrato arenoso del tratamiento S-Bf.

En relación a los nematodos se observó que aparecieron a partir de la primera semana de cultivo (316 org/mL); disminuyendo paulatinamente hasta llegar a cero al final del experimento (45 días).

Entre los anélidos, los poliquetos fueron los organismos dominantes a lo largo del experimento, con conteos iniciales de 22 org/mL, incrementándose de tal manera que para el día 45 alcanzaron una población 318 org/mL (Fig. 1 B y C).

La clase Foraminífera al empezar el experimento se encuentra en segundo lugar en abundancia (28 org/mL), sin embargo, estuvieron presentes durante los primeros 15 días, posterior a este periodo ya no hubo presencia de estos individuos.

Por otra parte, en las figuras 1 y 2 se observa que tanto en el tratamiento S como en el S-Bf, al iniciar el experimento, el grupo de los nematodos es el más abundante mientras que los foraminíferos son los que se encuentran en segundo lugar en abundancia, a los 15 días existe una disminución en el número de individuos de nematodos y un incremento de poliquetos. A los 30 días de experimentación se observó que los nematodos no se registran y los poliquetos son el grupo dominante.

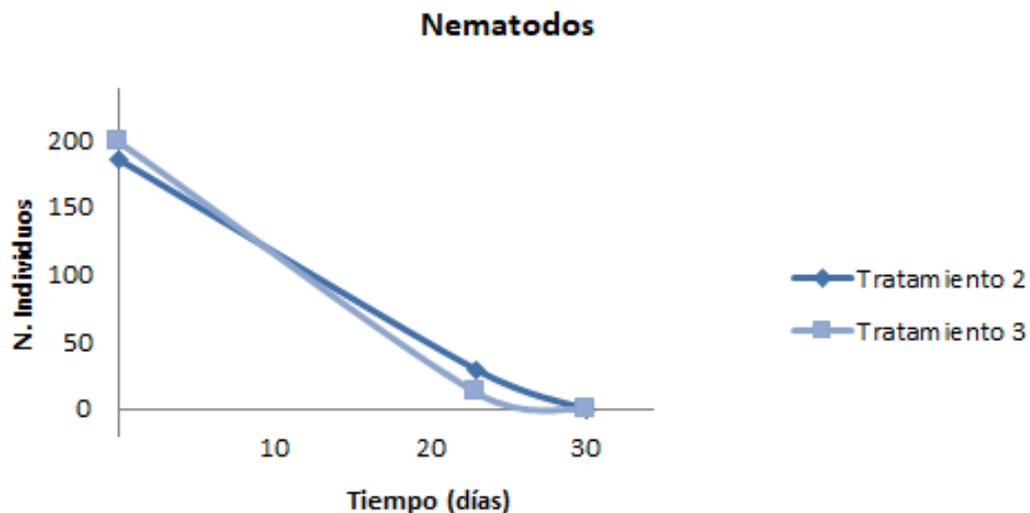


Figura 2. Disminución de la abundancia de nematodos en el tiempo en el tratamiento S y S-BF.

DISCUSIÓN

Durante el periodo experimental los valores medios de los parámetros ambientales se encontraron en intervalos adecuados para el rendimiento del camarón con tecnología biofloc (Emerenciano *et al.*, 2017). Xu *et al.*, (2012) reportaron valores de temperatura de $24 \pm 0,6$ °C y de pH de $7,25 \pm 0,1$, al comparar estos valores con los resultados obtenidos en el presente estudio se evidencia que los datos son semejantes.

Los sistemas de cultivo con biofloc con cero intercambios de agua, el pH tiende a decrecer y se pierde gradualmente la alcalinidad, debido a los procesos de nitrificación (Zhang *et al.*, 2015). Para equilibrar el pH se recomienda el uso de bicarbonato de sodio que compensa los niveles consumidos de HCO_3^- . Sin embargo, en el presente estudio los tratamientos con biofloc S-BF y B-BF mostraron valores de pH adecuados para el desarrollo de las postlarvas sin necesidad de colocar un tampón carbonato. El el valor de pH más alto se presentó en el tratamiento S-BF con valores de $8,14 \pm 0,03$. A pesar de usar biofloc, se tiene un valor adecuado de pH, esto se puede explicar por la presencia de sustrato con agua de mar que ejercen un efecto tampón en el medio (Jury *et al.*, 2013).

El tratamiento B-BF presentó el valor más bajo de amoníaco ($0,18 \pm 0,16$ mg/L), esto concuerda con las investigaciones realizadas acerca de la incorporación paralela de microorganismos en el medio, en las cuales indican que estos flóculos bacterianos no solo contribuyen como suplemento alimenticio, sino que también contribuyen en el control de los parámetros de calidad de agua mediante el reciclaje de nitrógeno (Prata Gaona *et al.*, 2016). Por otro lado, el tratamiento S-BF reportó los valores más altos de amoníaco ($0,50 \pm 0,23$ mg/L), probablemente debido a que se añadió el sustrato al medio, el cual no solo poseía nematodos sino también otros organismos como poliquetos, acáridos, copépodos, ofiuros, entre otros. Las excreciones de estos microorganismos y la del camarón pudieron influenciar en la acumulación de amoníaco. Así mismo, se evidencia como a pesar de la alta concentración de amoníaco, los valores de nitrato finales están dentro del intervalo sugerido por Emerenciano *et al.* (2017). Esto pudo ser consecuencia de un flujo en el cual, en la primera etapa de transformación desde amoníaco a nitrito, las bacterias que intervinieron en el proceso no tenían la biomasa suficiente para realizar de una manera eficiente tal transformación. No obstante, en la siguiente etapa, donde se transforma de nitrito a nitrato las bacterias nitrificantes actuaron de una manera adecuada equilibrando así las concentraciones finales de nitrato en el medio (Rios da Silva *et al.*, 2009; Furtado *et al.*, 2016).

En el tratamiento B-BF se reportó la mayor concentración de nitrato con $1,24 \pm 0,15$ mg/L, y de nitrito con $1,30 \pm 0,27$ mg/L; lo cual sugiere que los procesos realizados por bacterias heterótrofas lograron la asimilación directa de nitrógeno en la etapa de transformación de nitrito a nitrato (Wasielisky *et al.*, 2006; Ballester *et al.*, 2010).

Esparza-Leal *et al.*, (2015) reportan que los tratamientos con cultivo convencional y los tratamientos

con biofloc no tuvieron diferencias significativas en cuanto a la supervivencia. Sin embargo, en este estudio si se reportan diferencias significativas en la supervivencia, el tratamiento B tuvo el porcentaje más alto, esto se explica porque se da una producción natural donde los individuos se alimentan del suministro de balanceado. Loureiro *et al.*, (2012) también reportan diferencias significativas en los valores de supervivencia, pero las tasas más altas lo obtienen en tratamientos con biofloc.

En el peso final existen diferencias entre los tratamientos, siendo el tratamiento S-BF el que presentó un mayor peso final 1,17 g. Al contrastar los resultados de la supervivencia con el peso final se puede analizar que a pesar de que el tratamiento B tuvo el mayor porcentaje de supervivencia, no tuvo la mejor ganancia de peso. Los camarones que crecieron en los tratamientos S-BF y B-BF pudieron obtener más peso debido al suministro de alimento vivo al medio de cultivo. Burford *et al.*, (2004) menciona que la biota natural puede ser aprovechada por *P. vannamei* ya que este puede asimilar el nitrógeno a partir de las algas y de las bacterias heterotróficas. El tratamiento S-BF tuvo en el medio flóculos bacterianos y además meiofauna. Los resultados sugieren que estos organismos pudieron aumentar la disponibilidad de proteínas y lípidos, lo cual fue aprovechado por las postlarvas de camarón (Loureiro *et al.*, 2012).

Loureiro *et al.*, (2012) y Brown *et al.*, (2011) mencionan que los nematodos y poliquetos tienen altas concentraciones de proteínas y lípidos, estos niveles varían en dependencia del medio de cultivo que se use para el crecimiento de estos organismos. Focken *et al.*, (2006) obtuvieron mejores datos de supervivencia de las postlarvas de camarón cuando usaron como suplemento alimenticio organismos cultivados en avena. La especie *P. vannamei* se caracteriza porque necesita alrededor de 25-50% de proteína (Kureshy y David 2002); sin embargo, cuando se encuentra en estadio larvario requiere de una mayor ingesta proteica (Lee *et al.*, 1984). Por esta razón, si se pretende complementar su alimentación con alimento vivo, este debe satisfacer las necesidades proteicas del crustáceo. Los nematodos cultivados en avena, trigo y maíz reportan un contenido de 48 a 62% de proteína cruda por lo cual pueden ser buenos candidatos como complemento alimentario de las postlarvas de camarón (Focken *et al.*, 2006). Con estos estudios se sugiere que, para mejorar la supervivencia en el tratamiento sustrato más biofloc (S-BF), se puede criar a los organismos meiobentónicos previamente en medios de cultivo específicos que garanticen una calidad proteica suficiente para que el camarón pueda desarrollarse y disminuir la tasa de mortalidad.

Los requerimientos nutricionales del camarón son altos en proteínas, debido a su comportamiento carnívoro, es decir, asimila mejor los nutrientes que provienen de las proteínas que de los carbohidratos (Kureshy y David 2002; Durruty, 2001). Esto explica porque el tratamiento B tuvo la menor ganancia de peso 0,76 g. En este tratamiento no se colocó alimento vivo como nematodos, poliquetos o biofloc, se utilizó un cultivo convencional.

En cuanto a la eficiencia alimentaria se obtuvo valores superiores a 100 en los tratamientos S-BF y B-BF esto se debe a que cuando se tiene una retención óptima de proteínas o calorías, la eficiencia aumenta significativamente (Fry *et al.*, 2018). En estos tratamientos se potenció la retención proteica mediante la administración de alimento vivo. Además, *P. vannamei* dispuso de una cantidad y calidad adecuada de alimento natural (meiobentos) en los dos tratamientos con sustrato, lo cual fue suficiente para atender la demanda proteica y/o energética de los organismos (Ballester *et al.* 2007).

CONCLUSIONES

El cultivo convencional de *Penaeus vannamei* es menos eficiente al comparar con los sistemas en los que se emplean tecnologías complementarias para mejorar la alimentación de los individuos de cultivo como la tecnología biofloc y el uso de sustrato con meiobentos.

La descripción de los cambios en las comunidades meiobentónicas, poliquetos, nematodos y foraminíferos en su reducción permite reconocer la contribución de la meiofauna como fuente de alimento natural de calidad *in situ* en la dieta de estadios postlarvarios de camarón.

Los resultados obtenidos sugieren que la combinación de los flóculos bacterianos más los micro

invertebrados meiobentónicos son una buena estrategia para mejorar la productividad del cultivo y para mantener los parámetros ambientales óptimos.

Agradecimientos

Se agradece al Dr. Carlos Rojas por su colaboración técnica y a la Universidad Técnica de Manabí por su logística.

REFERENCIAS

- Ballester E.L.C., Abreu P.C., Cavalli R.O., Emerenciano M., De Abreu L., Wasielesky Jr. (2010). Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*, 16(2): 163-172. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00648.x>.
- Ballester E. L., Wasielesky Jr. W., Cavallia R. O., Abreub P. C. (2007). Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture* 269 (1-4): 355-362. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.003>
- Brüggemann, J. (2012). Nematodes as Live Food in Larviculture – A Review. *Journal of the world aquaculture society*, 43(6): 739-763. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00608.x>.
- Brown N., Eddy S., Plaud S. (2011). Utilization of waste from a marine recirculating fish culture system as a feed source for the polychaete worm, *Nereis virens*. *Estados Unidos: Aquaculture* 322-323: 177-183. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.017>
- Conover, W. 1999. *Practical Nonparametric Statistics*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Cuzon G., Lawrence A., Gaxiola G., Rosas C., Guillaume J. (2004). Nutrition of *Penaeus vannamei* reared in tanks or in ponds. *Aquaculture*, 213(1-4): 513-551. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.12.022>
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* 11:1
- Durruty. (2001). Requerimientos nutrimentales de proteína en postlarvas de *Litopenaeus setiferus* y *Penaeus vannamei*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas de Recursos Acuáticos. Universidad de Sonora, Rosales y Niños Héroe, México.
- Emerenciano M. G., Martínez-Córdova L. R., Martínez-Porchas M., Miranda-Baeza A. (2017). Biofloc Technology (BFT): A tool for water quality management in aquaculture in Tutu H. (ed) *Water Quality*. INTECH, 91-109.
- Esparza-Leal H. M., Cardozo A.P., Wasielesky Jr. W. (2015). Performance of *Penaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks at high stocking density in clear-water versus biofloc system, *Aquacultural Engineering*, 68: 28-34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2015.07.004>
- Focken U., Schleichriem C., vonWuthenau M., García-Ortega A., Puello-Cruz A., Becker K. (2006). *Panagrellus redivivus* mass produced on solid media as live food for *Penaeus vannamei* larvae. *Aquaculture Research*, 37(14):1429-1436. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01578.x>
- Furtado P., Valenzuela M., Rodríguez-Fuentes G., Campos B., Wasielesky W., Gaxiola G. (2016). Chronic effect of nitrite on the rearing of the white shrimp *Penaeus vannamei* in two salinities. *Rio Grande: Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 49(3): 201-211. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10236244.2016.1163837>

- Fry J.P., Mailloux N.A., Love D.C., Milli M.C., Cao L. (2018). Feed conversion efficiency in aquaculture: do we measure it correctly?. *Environmental Research Letters*, 13(2018)024017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/aaa273>
- Giere, O. (2009). *Meiobenthology. The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments* (2da ed.). Berlin: Springer.
- Grealis, E., Hynes S., O'Donoghue C., Vega A., Osch S. V., Twomey C. (2017). The economic impact of aquaculture expansion: An input-output approach. *Marine Policy*, 81: 29-36. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.03.014>
- Grzelak K., Kotwicki L. (2011). Distribución de la meiofauna en el fiordo Hornsund, Spitsbergen. *Polar Biology*, 35: 269–280.
- Ibarra-Mayorga E., Rojas-García C., Mateo R. L. (2014). Ensayo de un sistema artificial con sustrato para crecimiento de juveniles de *Penaeus vannamei*: evaluación de dos micro cohortes con participación de nematodos y 'bioflocs'. *La Técnica*, 12: 64-75.
- Jury C., Thomas F., Atkinson M. J., Toonen R. J. (2013). Buffer Capacity, Ecosystem Feedbacks, and Seawater Chemistry under Global Change. *Water*, 5(3):1303-1325. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w5031303>
- Kahan D, T Bar-El, Y Brandstein, M Rigbi, B. Olano. (1980). Free-living nematodes as a dietary supplement in the rearing of fish fry and hatcheries. *General Fisheries Council for the Mediterranean Studies and Reviews* 57: 67-78.
- Kureshy N., Davis A. (2002). Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Penaeus Vannamei*. *Aquaculture*, 204(1): 125-143. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00649-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00649-4).
- Kruskal W. H., Wallis W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 47 (260): 583–621. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>.
- Lee P., Smith Lawrence. (1984). Digestive proteases of *Penaeus vannamei*: relationship between enzyme activity, size and diet. *Aquaculture*, 42 (3-4): 225-239. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90103-0](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90103-0)
- Levene, H. (1960) Robust Tests for Equality of Variances, In: I. Olkin, et al. (Eds.) *Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling*, Stanford University Press, Palo Alto, pp. 278-292.
- Loureiro C. K., Wasielesky, W., Abreu P. C. (2012). The use of protozoan, rotifers and nematodes as live food for shrimp raised in BTF system. *Atlântica*, 34(1): 5-12. DOI: <http://dx.doi.org/10.5088/atl.2012.34.1.5>
- Martínez-Córdova, Campaña-Torres, Porchas-Cornejo. (2003). Dietary protein level and natural food management in the culture of blue (*Penaeus stylirostris*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) in microcosms. *Aquaculture Nutrition*, 9(3): 155-160. DOI: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2095.2003.00235.x>
- Martínez-Córdova, L. R. (2003). *Camaronicultura: Avances y tendencias*. AGT Editor, S.A. Sonora,

México.

Nunes A.J.P., Gesteira T.C.V., Goddard, S. (1997). Food ingestion and assimilation by the southern brown shrimp *Penaeus subtilis* under semi-intensive culture in NE Brazil. *Aquaculture*, 149(1-2): 121-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(96\)01433-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01433-0).

Prata Gaona C. A., Serra F. P., Furtado P. S., Poersch L. H., Wasielesky Jr. W. (2016). Effect of different total suspended solids concentrations on the growth performance of *Penaeus vannamei* in a BFT system. *Aquacultural Engineering*, 72-73: 65-69. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.03.004>.

Rios da Silva K. R., Abreu P. C., Wasielesky W. (2009). Dinamica del nitrógeno y del fósforo en el cultivo superintensivo de camarones *Penaeus vannamei* y *Farfantepenaeus paulensis* sin renovación de agua. Tesis de Maestría en Acuicultura., 55 pp.

Rodier J., Legube G., Merlet N. (2011). Análisis del agua. 9ª Edición. Ed. Omega, S.A. Barcelona-España, 336 pp.

Samocha T., Lewinsohn C. (1977). A preliminary report on rearing penaeid shrimps in Israel. *Aquaculture*, 10(3): 291-292. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(77\)90009-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(77)90009-6).

Shapiro S., Wilk B. (1965). An análisis of variante test for normalita (complete simples) *Biométrica*, 52(3-4): 591-611 DOI: <https://doi.org/10.2307/2333709>.

Wasielesky W., Atwood H., 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 *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258(1-4): 396-403. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>.

Wilkenfeld J. S., Lawrence A. L., Kuban F. D. (1984). Survival, metamorphosis and growth of penaeid shrimp larvae reared on a variety of algal and animal foods. *Journal of the World Mariculture Society*, 15: (1-4) 31-49. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1749-7345.1984.tb00134.x>.

Xu W., J. Pan, L. Q., Sun X. H., Huang J. (2012). Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Penaeus vannamei* (Boone) in zero -water exchange culture tanks. *Aquaculture Research*, 44(7):1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x>.

Zhang K., Pan L., Chen W., Wang C. (2015). Effect of using sodium bicarbonate to adjust the pH to different levels on water quality, the growth and the immune response of shrimp *Penaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. *Aquaculture Research*, 48(3):1194-1208. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/are.12961>.

Recibido: 10-06-2021

Aprobado: 19-07-2021

Versión final: 29-07-2021

