

Evaluación de tres niveles de proteína en cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con tecnología biofloc

Evaluation of three protein levels in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture with biofloc technology

Eulalia Ibarra Mayorga,¹ Jonathan Proaño Morales¹ y José E. Llanes Iglesias²

¹Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí. Ave. José María Urbina y Che Guevara, Portoviejo, Manabí, Ecuador, E-mail: eulaliai@yahoo.com.mx

²Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA). Carretera Central Km 20, Loma de Tierra, Cotorro, La Habana, Cuba.

RESUMEN

Se evaluaron tres niveles de proteína bruta en el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con tecnología biofloc (TBF). Los tratamientos fueron: un control (tecnología convencional con circulación de agua y pienso de 35 % de proteína bruta) y tres experimentales con piensos de 22 % (TBF22), 28 % (TBF28) y 35 % de proteínas (TBF35) y TBF. Se utilizaron 300 animales de $1,02 \pm 0,05$ g de peso promedio inicial distribuidos según modelo de clasificación simple (cuatro tratamientos con tres repeticiones). No se encontraron diferencias en las concentraciones de nitrógeno amoniacal total (NAT), nitritos, nitratos y fosfatos en el agua para los diferentes niveles de proteína con TBF, pero hubo interacción niveles de proteína-días de muestreos para NAT y nitrito, donde los valores más altos fueron a los 28 días con TBF28 y TBF35. Los pesos finales (6,30; 6,58; 6,39 y 6,65 g), la conversión alimentaria (1,68; 1,69; 1,66 y 1,68) y las supervivencias (77,3; 68,0; 70,67 y 66,67 %) no mostraron diferencias ($p > 0,05$) entre los tratamientos experimentales. Sin embargo, la eficiencia proteica fue superior ($p < 0,05$) con TBF22. La utilidad económica y la relación costo-beneficio fueron más favorables con los piensos de menores niveles de proteína (22 y 28 %) y TBF. Se concluye que con 22 % de proteína y TBF se obtienen buenos resultados productivos con un efecto económico positivo.

Palabras clave: alimentación, biofloc, camarón, nutrición, proteína.

ABSTRACT

Three levels of crude protein were evaluated in the culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) with Biofloc technology (BFT). The treatments were: a control (conventional technology with water circulation and 35 % crude protein feed) and three experimental ones with 22 % (BFT22), 28 % (BFT28) and 35 % (BFT35) protein and BFT feed. 300 animals of $1,02 \pm 0,05$ g of initial average weight distributed according to the simple classification model (four treatments with three repetitions) were used. No differences were found in the concentrations of total ammonia nitrogen (TAN), nitrites, nitrates and phosphates in water for the different levels of protein with BFT, but there were sampling protein-day interaction levels for TAN and nitrite, where the highest values were at 28 days with BFT28 and BFT35. Final weights (6,30; 6,58; 6,39 and 6,65 g), feed conversion (1,68; 1,69; 1,66 and 1,68) and survivals (77,3; 68,0; 70,67 and 66,67 %) did not show differences ($p > 0,05$) between the experimental treatments. However, protein efficiency was higher ($p < 0,05$) with BFT22. The economic profit and the cost-benefit ratio were more favorable with lower-level protein feeds (22 and 28 %) and BFT. It is concluded that with 22 % protein and BFT good productive results are obtained with a positive economic effect.

Keywords: feed, Biofloc, shrimp, nutrition, protein.

Recibido: 30/11/20

Revisado: 9/12/20

Aceptado: 22/2/21

INTRODUCCIÓN

Los principales insumos en la dieta del camarón son la harina y el aceite de pescado que provienen de las pesquerías pelágicas, recurso que se encuentra hace más de dos décadas en un máximo nivel sostenible (FAO, 2020). La necesidad creciente de nuevas estrategias de alimentación justifica el desarrollo de investigaciones, toda vez que la alimentación representa el mayor porcentaje de los costos en la producción de camarón.

La calidad de la proteína es el factor principal que incide en el crecimiento, eficiencia alimentaria y calidad del agua en el cultivo del camarón. Numerosos reportes coinciden en que los niveles óptimos de proteína bruta (PB) para camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) oscilan entre 35-40 % (Emerenciano *et al.*, 2013; Correia *et al.*, 2014) y su eficiencia depende de los niveles de lípidos y/o carbohidratos que proporcionan la energía de la ración; alta proteína proporcionaría un desvío metabólico con fines energéticos y bajo consumo de alimento, de ahí la importancia de una óptima relación proteína-energía para diseñar estrategias de alimentación (Correia *et al.*, 2014).

Ibarra *et al.* (2019) informaron que el biofloc es un alimento natural de alto nivel de proteínas y baja energía, lo cual permitiría la utilización de piensos con menores niveles de proteína que a su vez, aportan mayores contenidos energéticos, lo cual compensaría la relación proteína-energía respecto al biofloc. El objetivo de este trabajo fue evaluar tres niveles de proteína bruta en el cultivo del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con tecnología biofloc.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la metodología macrocosmos-microcosmos de Emerenciano *et al.* (2013), para lo cual se utilizó un tanque de 3 500 L (macrocosmos) y 12 tanques de 250 L (microcosmos), todos conectados a un rotor de 2,5 HP (Tipo RB-0225). El biofloc inicial se preparó en el macrocosmos, donde se inoculó *Thalassiosira* sp. ($2,6 \times 10^4$ células/mL) y 250 g de probiótico (*Bacillus* spp.) a una concentración de 10^9 ufc/g. Al día siguiente se sembraron 80 animales (*L. vannamei*) de $12,3 \pm 1,1$ g de peso promedio. Se les proporcionó pienso de 35 % de proteína (control) al 4 % de su peso corporal/día.

Cuando el biofloc alcanzó 5 mL/L de sólidos sedimentables en el cono Imhoff (Emerenciano *et al.*, 2017), se transfirieron 150 L a cada microcosmos y se completaron con 100 L de agua de mar filtrada por mangas de 10 μ m para la realización del bioensayo. Para promover la comunidad heterotrófica del biofloc, se realizó la fertilización a una relación C/N = 20:1, mediante el aporte

controlado de carbono con melaza de caña y el nitrógeno proveniente del pienso (Emerenciano *et al.*, 2017).

Un total de 300 juveniles de camarón *L. vannamei* de $1,02 \pm 0,05$ g de peso promedio inicial se ubicaron al azar en 12 microcosmos según modelo de clasificación simple (cuatro tratamientos con tres repeticiones). Los tratamientos fueron: un control (tecnología convencional con circulación de agua permanente y pienso de 35 % de proteína bruta) y tres experimentales con tecnología biofloc y piensos comerciales de 22 % (TBF22), 28 % (TBF28) y 35 % (TBF35), utilizados en el cultivo de camarón en la región de Manabí, los cuales se adquirieron en ALIMENTSA, Durán, Ecuador (TABLA 1).

TABLA 1. Composición bromatológica (media y desviación estándar) de los alimentos balanceados experimentales (g/100 g)

Indicadores	Niveles de proteína		
	35,0 %	28,0 %	22,0 %
Materia seca	93,63 (0,03)	92,28 (0,18)	91,83 (0,08)
Proteína bruta	36,97 (0,10)	29,82 (0,25)	22,11 (0,13)
Extracto etéreo	9,01 (0,08)	7,86 (0,10)	6,81 (0,22)
Fibra bruta	1,71 (0,10)	2,27 (0,24)	2,32 (0,07)
Cenizas	7,64 (0,28)	6,83 (0,23)	6,37 (0,07)
Energía digestible (MJ/kg)	13,15	13,31	13,55

Se registraron diariamente los valores de temperatura, oxígeno disuelto y pH (multiparámetro digital YSI, EUA) y la salinidad (refractómetro Aquafauna-Master EUA). Las concentraciones de nutrientes residuales, nitrógeno amoniacal total (NAT), nitritos ($\text{NO}_2\text{-N}$), nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$) y fosfatos ($\text{PO}_4\text{-P}$), se monitorearon cada semana y las metodologías se basaron en técnicas colorimétricas; las mediciones de la absorbancia se realizaron en un espectrofotómetro (ThermoScientificEvolution 260 BIO, Estados Unidos). Las determinaciones de NAT se efectuaron por el método colorimétrico de azul de indofenol (Strickland & Parsons, 1972), los nitritos por el método de Bendschneider & Robinson (1952), el nitrato por el método de Strickland & Parsons (1972) y los fosfatos por el método del ácido ascórbico (Murphy & Riley, 1962).

Los animales se alimentaron a las 07:00 a.m. y 4:00 p.m., a una tasa del 6 % del peso corporal durante 60 días, donde se ajustaron cada 15 días a través de muestreos. Al final del bioensayo se realizó un pesaje individual a todos los animales y se calcularon los siguientes indicadores productivos: Peso medio final; Ganancia

de peso semanal = Ganancia de biomasa/semanas de cultivo; Conversión alimentaria (CA) = Alimento añadido/Ganancia peso; Eficiencia proteica (EP) = Ganancia en peso/Proteína suministrada; Supervivencia (S) = No. Animales finales/No. Animales iniciales x 100.

Análisis estadístico: Las dinámicas de nutrientes residuales se analizaron por la metodología propuesta por Gómez (2019). Se probaron los supuestos teóricos del análisis de varianza, normalidad de los errores por la dócima de Shapiro & Wilk (1965), análisis de correlación de Pearson y esfericidad de Mauchly (1940). Para el análisis se empleó modelo lineal generalizado mixto, con el procedimiento GLIMMIX del SAS (Versión 13.0, 2013). Dentro del modelo se consideraron como efectos fijos: tratamientos y días, así como la interacción tratamientos x días y como efecto aleatorio se tuvo en cuenta repetición anidada dentro de los días. Para la comparación de medias se utilizó la dócima de rango fijo Tuckey-Kramer (Kramer, 1956) para $p < 0,05$. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SAS (2013), versión 9.3. Para las variables productivas se empleó un ANOVA de clasificación simple y para la comparación de medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan para $p < 0,05$. Los datos se procesaron en el paquete estadístico INFOSTAT, versión 2012 (Di Rienzo *et al.*, 2012).

Evaluación económica: Se realizó según Soarez-Rego *et al.* (2016) a partir de los principales costos (postlarvas, fertilización, probióticos, pienso, energía, mano de obra y mantenimiento) brindados en la Camaronera Manabita ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura del agua osciló entre 23,64- 25,03 °C, el oxígeno disuelto de 5,55-6,76 mg/L, los valores de pH entre 8,01-8,26 para el control y de 7,37-7,49 para la TBF. De igual forma, las salinidades variaron de 34,10- 35,38 ups para el control y de 36,98-37,34 ups para la TBF. Estas variaciones son producto del nulo recambio de agua y la evaporación del agua al utilizar la TBF. Los valores encontrados se consideran de confort para un buen desempeño productivo de la especie con TBF según Emerenciano *et al.* (2017).

En cuanto al NAT, no hubo diferencias con los niveles de proteína en el pienso al usar la TBF (TABLA 2), resultados que coincidieron con Xu & Pan (2014) con alimentos de 25 % y 35 % de proteína y TBF. Por otra parte, los valores fueron superiores a los alcanzados por el control debido a la acumulación de este compuesto por la nula circulación de agua.

TABLA 2. Efecto de la concentración de nitrógeno amoniacal total con diferentes niveles de proteína en la dieta en cultivo de camarón con tecnología biofloc

Indicador	Niveles de proteína				±EE Signif.
	Control	TBF22	TBF28	TBF35	
NAT (mg/L)	-1,32 ^b (0,27)	-0,10 ^a (0,90)	-0,29 ^a (0,75)	-0,24 ^a (0,79)	±0,10 $p < 0,0001$

Valores medios con superíndices distintos difieren a $p \leq 0,05$ Tukey-Cramer, 1956. () Medias originales.

En cuanto su variabilidad en el tiempo, se encontró el mayor nivel a los 28 días de cultivo, lo cual se pudiera relacionar con el manejo del sistema, el que hay que monitorear y corregir en el tiempo (TABLA 3). No obstante, los valores se encontraron dentro del intervalo permisible (menor que 1 mg/L, Emerenciano *et al.*, 2017) hasta fecha del último muestreo; resultados de la fertilización orgánica y la acción de las bacterias heterótrofas, las que utilizaron la fuente de carbono para su crecimiento.

TABLA 3. Concentración de nitrógeno amoniacal total con diferentes niveles de proteína en la dieta en cultivo de camarón con tecnología biofloc

Tiempo (días)	NAT (mg/L)	±EE Signif.
7	-0,97 ^a (0,38)	±0,13 $p < 0,0001$
14	-0,68 ^{ab} (0,51)	
21	-0,93 ^a (0,40)	
28	0,08 ^c (1,09)	
35	-0,53 ^{abc} (0,59)	
42	-0,21 ^{bc} (0,81)	
49	-0,05 ^{bc} (0,96)	
56	-0,62 ^{abc} (0,54)	

Valores medios con superíndices distintos difieren a $p \leq 0,05$ Tukey-Cramer, 1956. () Medias originales.

Las concentraciones de $\text{NO}_2\text{-N}$ (TABLA 4) no presentaron diferencias entre los tratamientos con TBF y las concentraciones más bajas fueron con el tratamiento de menor nivel de PB (TBF22). Por su parte, se encontró interacción niveles de proteína-días de muestreo, donde los valores más altos se alcanzaron a los 28 días con los mayores niveles de PB (TBF35 y TBF28).

TABLA 4. Concentración de nitrito con diferentes niveles de proteína en la dieta en cultivo de camarón con tecnología biofloc

Indicador	Tiempo (días)	Niveles de proteína				EE± Signif.
		Control	TB22	TB28	TB35	
NO ₂ -N(mg/L)	7	-3,42 ^a (0,03)	-1,57 ^{bcd} (0,21)	-0,83 ^{cdef} (0,44)	-0,34 ^{fgh} (0,71)	0,15 <i>p</i> < 0,0001
	14	-1,84 ^{bc} (0,16)	-2,12 ^b (0,12)	-1,53 ^{bcde} (0,22)	-1,83 ^{bc} (0,16)	
	21	-1,55 ^{bcd} (0,21)	-0,55 ^{efgh} (0,57)	0,07 ^{ghi} (1,07)	-0,45 ^{fghi} (0,64)	
	28	-1,12 ^{bcd} (0,33)	-0,30 ^{fgh} (0,74)	0,31 ^{hi} (1,36)	0,49 ⁱ (1,64)	
	35	-1,71 ^{bc} (0,18)	-0,61 ^{defgh} (0,54)	-0,44 ⁱ (0,65)	-0,34 ^{fghi} (0,71)	
	42	-1,3 ^{bcd} (0,27)	-1,21 ^{bcd} (0,3)	-1,01 ^{cdefg} (0,36)	-0,79 ^{cdefg} (0,45)	
	49	-1,08 ^{bcd} (0,34)	-1,25 ^{bcd} (0,29)	-0,8 ^{cdefg} (0,45)	-0,86 ^{cdefg} (0,42)	
	56	-1,31 ^{bcd} (0,27)	-1,6 ^{bcd} (0,2)	-1,56 ^{bcd} (0,21)	-1,68 ^{bc} (0,19)	

Valores medios con superíndices distintos difieren a $p \leq 0,05$ Tukey-Cramer, 1956. () Medias originales.

Numerosos estudios con TBF (Emerenciano *et al.*, 2012; Xu & Pan, 2013; Wang *et al.*, 2016) informaron variaciones en las concentraciones de nitritos en el tiempo, donde los tenores más altos coincidieron en el período de 21-30 días de cultivo, lo que se pudiera inferir que en ese período las comunidades de bacterias nitrificantes aún no se encuentran en concentración suficiente o existe falta de estabilización para inmovilizar todo el nitrógeno inorgánico para su transformación en proteína microbiana.

En cuanto el nitrato (NO₃-N), se considera el compuesto nitrogenado menos tóxico para el camarón (Emerenciano *et al.*, 2017). No hubo diferencias entre los tratamientos con TBF (TABLA 5). Sin embargo, como se observa en la referida tabla, hubo interacción de niveles de proteína-días de cultivo, los cuales tuvieron una variación cíclica en el tiempo, resultados que coincidieron con Emerenciano *et al.* (2013).

TABLA 5. Concentración de nitrato con diferentes niveles de proteína en la dieta en cultivo de camarón con tecnología biofloc

Indicador	Tiempo (días)	Niveles de proteína				EE± Signif.
		Control	TBF22	TBF28	TBF35	
NO ₃ -N(mg/L)	7	-2,09 ^a (0,12)	1,23 ^d (3,43)	1,15 ^{cd} (3,15)	0,94 ^{cd} (2,56)	0,08 <i>p</i> < 0,0001
	14	-0,89 ^b (0,41)	0,66 ^c (1,93)	0,72 ^{cd} (2,05)	0,96 ^{cd} (2,61)	
	21	-1,36 ^b (0,26)	2,27 ^e (9,68)	2,33 ^{ef} (10,27)	2,56 ^{ef} (12,87)	

NO ₃ -N(mg/L)	28	-1,32 ^b (0,27)	2,62 ^{ef} (13,76)	2,63 ^{ef} (13,81)	2,59 ^{ef} (13,27)	0,08 <i>p</i> < 0,0001
	35	-1,17 ^b (0,31)	2,45 ^{ef} (11,62)	2,41 ^{ef} (11,15)	2,24 ^e (9,37)	
	42	-1,36 ^b (0,26)	2,69 ^{ef} (14,84)	2,68 ^{ef} (14,64)	2,87 ^f (17,67)	
	49	-1,36 ^b (0,26)	2,43 ^{ef} (11,41)	2,66 ^{ef} (14,24)	2,67 ^{ef} (14,37)	
	56	-1,25 ^b (0,29)	2,43 ^{ef} (11,4)	2,63 ^{ef} (13,88)	2,71 ^{ef} (15,03)	

Valores medios con superíndices distintos difieren a $p \leq 0,05$ Tukey-Cramer, 1956. () Medias originales.

Los valores de nitrato (NO₃-N) estuvieron dentro del intervalo reportado como óptimo (0,5-20,0 mg/L) para TBF (Emerenciano *et al.*, 2017). Esto puede evidenciar la estabilización de las bacterias junto a la adecuada oxigenación en la columna de agua, permitiendo establecer una eficiente nitrificación.

En cuanto los PO₄-P no hubo diferencias entre los tratamientos con TBF (TABLA 6). Asimismo, se encontró interacción niveles de proteína- días de muestreo, con un incremento de las concentraciones que coincidir

ron con los trabajos de Emerenciano *et al.* (2013) y Yun *et al.* (2015). La principal entrada de fósforo al sistema es a través de la alimentación artificial (Prangnell *et al.*, 2016) y una posible causa del incremento de PO₄-P se asocia al constante movimiento del agua por la aireación mecánica. Por estas razones los iones se mantienen en la columna de agua y no pueden depositarse en el sedimento donde ocurren reacciones químicas que disminuyen su concentración en estanques convencionales (Boyd & Tucker, 2014).

TABLA 6. Concentración de fosfato con diferentes niveles de proteína en la dieta en cultivo de camarón con tecnología biofloc

Indicador	Tiempo (días)	Niveles de proteína				±EE Signif.
		Control	TBF22	TBF28	TBF35	
PO ₄ -P (mg/L)	7	-1,55 ^{ab} (0,21)	0,026 ^e (1,03)	0,047 ^e (0,95)	0,11 ^{ef} (1,11)	0,07 <i>P</i> <0,0001
	14	-1,29 ^{bcd} (0,28)	0,55 ^{fg} (1,74)	0,54 ^{fg} (1,71)	0,72 ^{gh} (2,06)	
	21	-0,92 ^d (0,39)	0,89 ^{ghi} (2,44)	1,04 ^{hij} (2,82)	1,16 ^{hijk} (3,18)	
	28	-1,85 ^a (0,16)	0,89 ^{hij} (3,02)	1,18 ^{hijk} (3,27)	1,34 ^{ijk} (3,81)	
	35	-1,47 ^{abc} (0,23)	1,15 ^{hijk} (3,14)	1,21 ^{ijk} (3,37)	1,44 ^{jk} (4,24)	
	42	-1,03 ^{bcd} (0,36)	1,41 ^{jk} (4,11)	1,39 ^{jk} (4,02)	1,58 ^k (4,83)	
	49	-1,14 ^{bcd} (0,32)	1,36 ^{jk} (3,89)	1,25 ^{ijk} (3,5)	1,40 ^{jk} (4,06)	
	56	-0,86 ^d (0,42)	1,36 ^{jk} (3,91)	1,26 ^{ijk} (3,54)	1,22 ^{ijk} (3,39)	

Valores medios con superíndices distintos difieren a $p \leq 0,05$ Tukey-Cramer, 1956. () Medias originales.

Las acumulaciones de NO₃-N y PO₄-P evidenciaron la poca utilización de los mismos por la comunidad fitoplanctónica debido a su sustitución parcial por la de bacterias heterótrofas. Además, la turbidez de estos sistemas, debido a los altos niveles de partículas en suspensión, permite poca penetración de la luz solar, lo que afectó la concentración de algas en los tratamientos con TBF.

De forma general, con TBF no se encontraron diferencias en las concentraciones de nutrientes residuales al emplear piensos de proteínas variables (22, 28 y 35 %), aunque fueron más bajas con 22 % de PB, que pueden

indicar una relación con la eficiencia de manejo de las comunidades de bacterias heterótrofas y nitrificantes, así como otros grupos de microorganismos que son capaces de asimilar y oxidar los diferentes niveles de nitrógeno residual en el agua.

No se encontraron diferencias ($p > 0,05$) en los pesos finales y conversión alimentaria con los tres niveles de proteína bruta en TBF (TABLA 7). Esto evidencia la presencia de proteína microbiana circulante en el medio (efecto del reciclado del nitrógeno residual por los microorganismos presentes en TBF, como informaron Wang *et al.* (2016) e Ibarra *et al.* (2019).

TABLA 7. Indicadores productivos con diferentes niveles de proteína en la dieta en cultivo de camarón con tecnología biofloc

Indicadores	Niveles de proteínas				±EE Signif.
	Control	TBF22	TBF28	TBF35	
Peso final (g)	6,3 (±0,2)	6,58 (±0,21)	6,39 (±0,14)	6,65 (±0,17)	$p = 0,3341$
Ganancia de peso semanal(g/semana)	0,66	0,69	0,67	0,70	0,04 $p = 0,1542$
Conversión alimentaria	1,68	1,69	1,66	1,68	0,05 $p = 0,9794$
Tasa de eficiencia proteica	1,7 ^a	2,7 ^c	2,16 ^b	1,71 ^a	0,06 $p < 0,0001$

Valores medios con superíndices distintos difieren a $p \leq 0,05$ Tukey-Cramer 1956. () Medias originales.

De igual forma, no hubo un efecto positivo al usar TBF con 35 % de proteínas respecto al control (sistema convencional y 35 % de PB); resultados que coinciden con los obtenidos en camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum* (Emerenciano *et al.*, 2013). Los resultados que se alcanzaron indican que la TBF permite utilizar piensos de bajos porcentajes de proteína dietética, el cual en este estudio representó 13 % menos respecto a la tecnología convencional (control) que se utiliza en los cultivos en la región de Manabí.

Los resultados de este estudio se correspondieron con los reportados para juveniles de *L. vannamei* (Xu & Pan, 2013) que no mostraron diferencias en el crecimiento, supervivencias y condiciones inmunes con dietas de 25 % y 35 % de PB y TBF. Por el contrario, Yun *et al.* (2015) reportaron un aumento en el crecimiento de *L. vannamei* cuando el nivel de proteína dietética aumentó de 25 % a 35 % con TBF. Sin embargo, con 35 % y 40 % de PB no encontraron diferencias, resul-

tados que podrían relacionarse con la composición de los flóculos microbianos y otros organismos presentes en el biofloc.

Las ventajas de la tecnología biofloc en el cultivo de camarón pueden atribuirse al ser una fuente de alimento disponible las 24 h, contener aminoácidos esenciales, ácidos grasos altamente insaturados (PUFAs) y poliβ-hidroxybutirato, así como polímeros biodegradables que mejoran la digestibilidad en el intestino e incrementan los ácidos grasos insaturados (Emerenciano *et al.*, 2013). Asimismo, contiene apropiada cantidad de antioxidantes como carotenoides y vitaminas liposolubles que contribuyen a mantener un óptimo estatus antioxidante (Xu & Pan, 2013).

La ganancia de peso semanal en este estudio (TABLA 7), puede considerarse satisfactoria respecto a las que se reportaron en otros estudios de laboratorio de 0,68-0,80 g (Brito *et al.*, 2015), de 0,32-0,39 g (Khanjani *et al.*, 2016) y de 0,51-0,77 g (Wang *et al.*,

2016). Es importante considerar que la temperatura estuvo en el límite inferior a la óptima para la especie (24 °C). Boyd & Tucker (2014) encontraron que los procesos biológicos como el crecimiento se duplican en general cada 10 °C de aumento de la temperatura, por lo que el camarón crecerá dos veces más rápido con 30 °C que con 25 °C.

Venero *et al.* (2009), consideraron de exitosos factores de conversión alimentaria (FCA) de 1,2 a 2,5 para cultivo intensivo de camarón. Los alcanzados en este estudio (TABLA 7) se encontraron en ese intervalo, por tanto, se consideran aceptables y presumiblemente la contribución del biofloc fue significativa. En otro trabajo de Xu & Pan (2013) se reportó un FCA de 1,95 con alimento de 25 % de PB y 1,48 con 35 %. Por el contrario, Brito *et al.* (2015) obtuvieron 2,89 con 32 % de PB, el cual mejoraron al integrarlo con alga roja *Gracilaria birdiae* (2,06) y *G. domingensis* (2,26); valores que fueron menos favorables a los alcanzados en este trabajo.

La tasa de eficiencia proteica (TABLA 7) resultó más eficiente al disminuir los niveles de proteína bruta del pienso y evidencia que las diferencias de proteína por la vía del pienso se suplieron con proteína microbiana circulante en el medio de cultivo. Los resultados alcanzados respaldan numerosos trabajos en la contribución nutricional del biofloc como fuente suplementaria de alimentación en organismos acuáticos (Khanjani *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2016; Ibarra *et al.*, 2019).

Las supervivencias que se registraron no difirieron entre los tratamientos (TABLA 8). Los valores con TBF fueron superiores a los encontrados por Wang *et al.* (2016) de 49,7 % con pienso de 35 % PB y los reportados por Brito *et al.* (2015) de 50 y 56 % con igual concentración de PB y TBF. Por su parte, Megahed & Mohamed (2014) reportaron supervivencias de 66 % y 70 % en cultivo de camarón con TBF, resultados similares a los encontrados en este estudio.

TABLA 8. Resultados de supervivencias con diferentes niveles de proteína en la dieta en cultivo de camarón con tecnología biofloc

Indicadores	Niveles de proteínas				±EE Signif.
	Control	TBF22	TBF28	TBF35	
Supervivencia, %	6,15 (77,30) DE = 2,31	5,42 (68,00) DE = 1,10	5,72 (70,67) DE = 6,11	5,47 (66,67) DE = 4,62	$p = 0,0524$

() Medias de los datos originales. DE: desviación estándar.

La utilidad económica fue más alta con los piensos bajos en proteína (22 y 28 %) (TABLA 9). No obstante, este indicador económico en el cultivo de camarón está

influido por la gran variabilidad de los precios de venta a lo largo del año y el peso final de cosecha (Soarez-Rego *et al.*, 2016).

TABLA 9. Indicadores económicos para la producción de camarón al emplear diferentes niveles de proteína en la dieta con tecnología biofloc (US \$/t)

Indicadores	Niveles de proteína			
	Control	TBF22	TBF28	TBF35
Costo total de producción	3 147,63	2 011,57	2 280,94	2 626,09
Utilidad económica	330,63	1 466,69	1 197,32	852,17
Relación beneficio-costo	1,10	1,73	1,52	1,32

Valor de la producción- US \$ - 3 478,26.

Utilidad económica = Valor de la producción – Costo total de producción.

Relación beneficio–costo = Valor de la producción/Costo total de producción.

El precio del camarón en Manabí lo determinan principalmente los comerciantes que acaparan la mayor parte de la producción, y la mejor estrategia para la cosecha posiblemente cambia año tras año, dependiendo de precios determinados por la demanda de tallas específicas de camarón y la aparición de brotes de enfermedades, muy frecuente en la región, entre otros factores. De ahí, que la relevancia del precio del camarón para diseñar programas y/o protocolos de cultivo, hace imperativo el seguimiento y registros semanales en los precios y pesos de cosechas, que garanticen una máxima utilidad.

La relación beneficio-costos (TABLA 9) mostró que la actividad fue rentable y ofrece ganancias independientemente del tipo de estrategia de cultivo que se utilice, por la demanda y buenos precios del camarón en el mercado. Con la aplicación de la TBF y piensos de bajos PB se obtuvieron valores más favorables respecto al control, debido a los altos precios que tienen los piensos por la harina de pescado. Estos resultados corroboran las conclusiones de Emerenciano *et al.* (2013), quienes coincidieron que la TBF representa una alternativa viable para la producción sostenible de camarón.

CONCLUSIONES

El pienso de 22 % de proteína bruta y la aplicación de la tecnología de biofloc en el cultivo intensivo de camarón blanco permite obtener buenos resultados productivos con un efecto económico positivo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Técnica de Manabí por el apoyo financiero y logístico brindado, sin lo cual no fuera posible hacer este trabajo.

REFERENCIAS

Bendschneider, K. & Robinson, R. (1952). A New Spectrophotometric Method for the determination of Nitrite in Sea Water. *Journal of Marine Research*, 11, 87-96.

Boyd, C. E. & Tucker, C. S. (2014). Handbook for Aquaculture Water Quality (p. 433). Printed by Craftmaster Printers, Inc., Auburn Alabama. ISBN: 978-0-692-22187-7.

Brito, L. O., Dos Santos, I. G. S., Abreu, J. L. de, Araújo, M. T. de, Severi, W. & Gálvez, A. O. (2015). Effect of the addition of diatoms (*Navicula* spp.) and rotifers (*Brachionus plicatilis*) on water quality and growth

of the *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in a biofloc system. *Aquaculture Research*, 47(12), 3990-3997. DOI:10.1111/are.12849.

- Correia, E. S., Wilkenfeld, J. S., Morris, T. C., Wei, L., Prangnell, D. I. & Samocha, T. M. (2014). Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. *Aquacultural Engineering*, 59, 48-54. DOI: 10.1016/j.aquaeng.2014.02.002.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. (2012). Infostat versión 2012. Grupo Infostat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible: <http://www.infostat.com.ar>, consultado: octubre de 2017.
- Emerenciano, M., Ballester, E. L. C., Cavalli, R. O. & Wasielesky, W. (2012). Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*, 43(3), 447-457. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x.
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Paredes, A. & Gaxiola, G. (2013). Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc. *Aquaculture International*, 21(6), 1381-1394. DOI: 10.1007/s10499-013-9640-y.
- Emerenciano, M., Martínez-Córdova, L. R., Martínez-Porchas, M. & Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc Technology (BFT): a tool for water quality management in Aquaculture. <http://dx.doi.org/10.5772/66416>. [consulted: diciembre 11, 2018].
- FAO (2020). El estado mundial de pesca y la acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. p. 250.
- Gómez, S. (2019). Contribución estadística para el análisis de medidas repetidas en el tiempo en el sector agropecuario. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Mayabeque, Cuba.
- Ibarra, E., Llanes, J., Rodríguez, B. (2019). Composición nutricional del biofloc desarrollado con agua del Pacífico ecuatoriano para la alimentación del camarón blanco *L. vannamei*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 53(4), 395-402. ISSN: 0034-7485.
- Kramer, C. Y. (1956). Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometrics*, 12, 307-310.
- Khanjani, M. H., Sajjadi, M. M., Alizadeh, M. & Sourinejad, I. (2016). Nursery performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

- cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research*, 48(4), 1491-1501. DOI:10.1111/are.12985.
- Mauchly, J. (1940). Significance test of sphericity of a normal n-variate distribution. *Annals of Mathematical Statistics*, 29, 204-209.
- Megahed, M. E., & Mohamed, K. (2014). Sustainable Growth of Shrimp Aquaculture Through Biofloc Production as Alternative to Fishmeal in Shrimp Feeds. *Journal of Agricultural Science*, 6(6), 176-188. DOI:10.5539/jasv6n6p176.
- Murphy, J. & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27, 31-36. DOI:10.1016/s0003-2670(00)88444-5.
- Prangnell, D. I., Castro, L. F., Ali, A. S., Browdy, C. L., Zimba, P. V., Laramore, S. E. & Samocha, T. M. (2016). Some Limiting Factors in Superintensive Production of Juvenile Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in No-water-exchange, Biofloc-dominated Systems. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47(3), 396-413. DOI:10.1111/jwas.12275.
- SAS (2013). Sistema de análisis estadístico. Universidad de Nebraska. Versión 9.3.
- Shapiro, S. & Wilk, B. (1965) Analysis of variate test for normality (complete simples) *Biométrica*, 52, 591-611.
- Soares-Rego, M., Sabbag, O., Soares, R. & Peixoto, R. S. (2016). Financial viability of inserting the biofloc technology in a marine shrimp farm *Litopenaeus vannamei*: a case study in the state of Pernambuco, Brazil. *Aquacultural International*, 25(1), 473-483. DOI 10.1007/s10499016-0044-7.
- Strickland, J. D. H. & Parsons, T. R. (1972). A practical handbook of seawater analysis (2nd ed.). Fisheries-Research. Board of Canada, 167, 311.
- Venero, J. A., McAbee, B., Lawson, A., Lewis, B. L., Stokes, A. D., Leffler, J. W. & Browdy, C. L. (2009). Greenhouse-enclosed superintensive shrimp production: alternative to traditional ponds in U. S. Global Aquacult. *Advocate*, 12, 61-64.
- Xu, W. J., & Pan, L. Q. (2013). Dietary protein level and C/N ratio manipulation in zero-exchange culture of *Litopenaeus vannamei*: Evaluation of inorganic nitrogen control, biofloc composition and shrimp performance. *Aquaculture Research*, n/a-n/a., 1-10. DOI:10.1111/are.12126.
- Xu, W.-J., & Pan, L.-Q. (2014). Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc-based culture tanks. *Aquaculture*, 426-427, 181-188. DOI:10.1016/j.aquaculture.2014.02.003.
- Wang, L., Lawrence, A. L., Castille, F. & Zhao, Y. (2016). Effects of dietary protein and water exchange on water quality survival and growth of postlarvae and juvenile *Litopenaeus vannamei*. *International Journal of Recirculating Aquaculture*, 13, 19-34.
- Yun, H., Shahkar, E., Katya, K., Jang, I. K., Kim, S. Kyoung & Bai, S. C. (2015). Effects of bioflocs on dietary protein requirement in juvenile white-leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Research*, 47(10), 3203-3214. DOI:10.1111/are.12772.