

Artículo de investigación

Comparación entre manguera difusora y tubería PVC para la aireación en la producción de *Litopenaeus vannamei* con biofloc a diferentes niveles de proteína

Comparison between diffuser hose and PVC pipe for aeration in production of Litopenaeus vannamei with biofloc at different protein levels

Comparaçãõ entre mangueira difusora e tubo de PVC para aeraçãõ na produçãõ de Litopenaeus vannamei com bioflocos em diferentes níveis de proteína

Jonathan Josue Proaño Morales ^{1*} MVZ. ✉ [ORCID](#), Andy Steven Proaño Morales ² Blgo. [ORCID](#), Yessenia Katerine Moreira Sanchez ¹ Ing. [ORCID](#), Teresa Eulalia Ibarra Mayorga ¹ Blgo, Ph.D. [ORCID](#)

* Autor de correspondencia.

¹ Departamento de Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

² Herping Ecuador, San Rafael, Valle de los Chillos, Ecuador, Departamento de Investigación, Wasi Purina Eco Lodge, Asociación Agroecológica y Agropecuaria Allpakury, Cotacachi, Ecuador.

Resumen

Al implementar la tecnología biofloc, la aireación es uno de los problemas para obtener buenos resultados productivos, por tanto, el objetivo fue comparar la eficiencia de la tubería PVC y manguera difusora, como sistema de aireación en cultivos con biofloc y dos niveles de proteína. Se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro tratamientos, tres réplicas cada uno, con los dos sistemas de aireación y dos niveles de proteína bruta (PB) en el alimento balanceado en producciones de camarón *Litopenaeus vannamei*, distribuidos de la siguiente manera: para el tratamiento uno (T1) se utilizó tubería PVC y 28% de PB; para T2, manguera difusora y 22% de PB; para T3, manguera difusora y 28% de PB; para T4, tubería PVC y 22% de PB, todos producidos con biofloc. Las variables peso, talla, alimentación y el factor tratamiento

Fecha correspondencia:

Recibido: noviembre 29 de 2021.

Acceptado: marzo 11 de 2022.

Forma de citar:

Proaño Morales JJ, Proaño Morales AS, Moreira Sanchez YK, Ibarra Mayorga TE. Comparación entre manguera difusora y tubería PVC para la aireación en la producción de *Litopenaeus vannamei* con biofloc a diferentes niveles de proteína. CES Med. Zootec. 2022; 17(1): 11-27. <https://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.6373>

[Open access](#)

[© Derecho de autor](#)

[Licencia creative commons](#)

[Ética de publicaciones](#)

[Revisión por pares](#)

[Gestión por Open Journal](#)

[System](#)

DOI: 10.21615/cesmvz.6373

ISSNe: 1900-9607

[Publica con nosotros](#)

influyen significativamente en la concentración de oxígeno disuelto (OD, mg/l) en la tarde, T1 es el que mejor se comportó en la tarde y T3 en la mañana. El tratamiento con menor sedimentación a los 20 y 30 minutos en la prueba de cono Imhoff fue T4 y el de mayor sedimentación fue el T3. No hubo diferencia significativa en la supervivencia entre tratamientos, los niveles de proteína sí influyen en las concentraciones del OD. El uso de tubería PVC aporta en el incremento de peso y de la concentración de OD en relación al sistema de manguera difusora con el 22% y 28% de proteína bruta.

Palabras clave: *camarón; nitrógeno amoniacal; nutricional; oxígeno disuelto; sedimento (Fuentes: ICYT, AIMS).*

Abstract

When implementing biofloc technology, aeration is one of the problems to obtain good productive results, therefore, the objective was to compare the efficiency of PVC pipe and diffuser hose, as an aeration system in crops with biofloc and two levels of protein. A completely randomized design with factorial arrangement was applied with four treatments with three replicates each, with the two aeration systems and with two levels of crude protein (CP) in the balanced feed in *Litopenaeus vannamei* shrimp productions, distributors of the following way, for treatment one (T1) PVC pipes and 28% PB were achieved; for T2, diffuser hose and 22% PB; for T3, diffuser hose and 28% PB; for T4, PVC pipe and 22% PB, produced with biofloc. The variables weight, height, feeding and the treatment factor significantly influence the concentration of dissolved oxygen (DO, mg/l) in the afternoon. T1 is the one that behaves best in the afternoon and T3 in the morning, the treatment with the lowest sedimentation at 20 and 30 minutes in the Imhoff cone test was T4 and the highest sedimentation was T3. There was no significant difference in survival between treatments, protein levels did influence OD concentrations. The use of PVC pipe provides an increase in weight and DO concentration in relation to the diffuser hose system with 22% and 28% crude protein.

Keywords: *ammoniacal nitrogen; dissolved oxygen; sediment; shrimp; nutritional (Sources: ICYT, AIMS).*

Resumo

Ao implementar a tecnologia de bioflocos, a aeração é um dos problemas para obter bons resultados produtivos, portanto, objetivou-se comparar a eficiência do tubo de PVC e da mangueira difusora, como sistema de aeração em lavouras com bioflocos e dois níveis de proteína. Foi aplicado um delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial com quatro tratamentos com três repetições cada, com os dois sistemas de aeração e com dois níveis de proteína bruta (PB) na ração balanceada em produções de camarão *Litopenaeus*

vannamei, distribuidores da seguinte forma, para tratamento com tubo de PVC (T1) e PB de 28%; para T2, mangueira difusora e PB 22%; para T3, mangueira difusora e PB 28%; para T4, tubo de PVC e PB 22%, produzido com biofloc. As variáveis peso, altura, alimentação e o fator de tratamento influenciam significativamente na concentração de oxigênio dissolvido (OD, mg/l) no período da tarde, T1 é o que apresenta melhor desempenho no período da tarde e T3 no período da manhã, tratamento com menor sedimentação aos 20 e 30 minutos no teste do cone de Imhoff foi T4 e a maior sedimentação foi T3. Não houve diferença significativa na sobrevivência entre os tratamentos, os níveis de proteína influenciaram as concentrações de DO. A utilização de tubo de PVC proporciona um aumento de peso e concentração de OD em relação ao sistema de mangueiras difusoras com 22% e 28% de proteína bruta.

Palavras-chave: *oxigênio dissolvido; camarão; nitrogênio amoniacal; nutricional; sedimento* (Fontes: ICYT, AIMS).

Introducción

La producción acuícola va en aumento en las últimas décadas conjuntamente con la demanda de tecnologías que optimicen el sistema a nivel continental, pasando de extensivos a intensivos y que permitan obtener cultivos de calidad nutricional ⁽¹⁾. Una de estas tecnologías es la tecnología biofloc (TBF), porque usa microorganismos como algunas bacterias, algas, meiobentos, entre otros, como alimento vivo, lo que permite la disminución, tanto de la administración de alimento balanceado ⁽²⁾, como del porcentaje de proteína bruta que puede pasar de 35% a 28% y 22%, sin tener diferencias significativas en la producción ^(3, 4); además mejora la calidad del agua porque recircula nutrientes, razón por la que se puede ahorrar desde el 30% hasta un 50% el recambio de agua lo que evita la contaminación de los ríos y mares ^(5, 6, 7, 8).

Al usar la tecnología biofloc se obtienen sistemas intensivos y superintensivos. Al respecto, Krummenauer *et al.* ⁽⁹⁾, evaluaron la densidad de siembra en 120 días de cultivo con TBF (Tecnología Biofloc) de *L. vannamei*, reportaron una supervivencia consistente en 92, 81 y 75% con mejoras en el rendimiento de 150, 300 y 450 camarones/m², respectivamente. Al implementar esta tecnología se incrementa la demanda y aplicación de instrumentos para mejorar la aireación como es el uso de blowers y sistema de aireación con tubos PVC o mangueras difusoras que permitan mantener los niveles óptimos de OD para cada especie a menor inversión ⁽¹⁰⁾.

Por otra parte, un buen sistema de aireación debe contribuir a que los flóculos se mantengan en suspensión e influencia en el tamaño de los mismo, siendo lo ideal entre 3 a 5 milímetros. Además, permite que los microorganismos puedan transformar el alimento no consumido (heces, gases liberados, entre otros), en general toda la materia orgánica a proteína microbiana ⁽¹¹⁾. Es probable que, más que el tamaño de partícula o la abundancia de flóculos, la ruptura de la estructura del flóculo afecte la distribución e interacción de las bacterias

nitrificantes dejando consecuencias en el proceso de nitrificación ⁽¹²⁾. Además, la aireación puede causar la ruptura de los flóculos y, por lo tanto, disminuir los procesos de nitrificación ⁽¹³⁾.

Por lo anteriormente expuesto, se pretende determinar la eficiencia del uso de tubería PVC perforada a un extremo y de manguera difusora, como sistemas de aireación en cultivos con biofloc con diferentes niveles de PB.

Materiales y metodología

Localización

Los bioensayos se desarrollaron en la sala experimental de producción de organismos acuáticos de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Técnica de Manabí (UTM), ubicada a 1º 9'53.3" de latitud sur y 80º 23'28.7" de longitud Oeste en Portoviejo, Manabí, Ecuador.

Diseño experimental para montar el experimento

Se utilizó la metodología macrocosmos-microcosmos ^(14, 15), que consistió en un tanque circular de PVC con 3.000 L (litros) de capacidad (macrocosmos) para la conformación del biofloc inicial y 15 tanques circulares de PVC de 300 L cada uno (microcosmos). Después de 20 días de incubación del biofloc, este se vertió a los tanques microcosmos a una proporción del 20% de su capacidad. Todos los tanques estuvieron conectados a un blower de 2,5 HP (Tipo RB-0225, Brasil) para garantizar la aireación del agua y la suspensión de las partículas en la misma.

Preparación del biofloc

El biofloc se preparó en el tanque macrocosmos, para lo cual se utilizaron 2.500 L de agua de mar filtrada (mangas de 10 µm). Se inoculó un cultivo de *Thalassiosira spp.* ($2,6 \times 10^4$ células/mL, fertilizado con nitrato de sodio (0,03 g/L) y stimufolk (Nutriente especial complejo con nitrógeno, fósforo y potasio, con oligoelementos quelados de la casa comercial Syngenta, España), se aplicaron 0,01 g/L y 250 g de probiótico (Pondplus de Bayer e importado por Ecuaquímica) que contenía una mezcla de *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. megaterium*, y *B. pumilis*, a una concentración de 109 ufc/g. Después de cuatro días se sembraron 62 camarones de $12,3 \pm 1,1$ g de peso promedio para que ayudaran a la formación del biofloc a través del movimiento y alimentación ^(14, 15). Se les proporcionó diariamente alimento balanceado dos veces al día con 35% de PB al 4% de peso corporal/día de la biomasa de camarones en el tanque. Cuando el biofloc estuvo maduro (sólidos sedimentables mayor que 5 mL/L en el cono Imhoff) y tuvieron los niveles bajos de nutrientes residuales (menos de 1 mg/L), el agua se transfirió a los microcosmos para la realización del bioensayo.

Adición de sustancias

Durante 15 días, para promover y estabilizar la comunidad heterotrófica del biofloc, se realizó diariamente la fertilización a una relación C/N= 20:1, mediante el aporte controlado de carbono

con la adición de melaza de caña y el nitrógeno proveniente del alimento balanceado. Para la fase de mantenimiento, esta fertilización se efectuó después de determinar los niveles de amonio, nitrito y nitrato presentes en cada microcosmos ⁽¹⁶⁾.

Cálculo para determinar el nivel de carbono:

$C = \text{Cantidad de alimento} \times 0,9 \text{ (90\% de materia seca)} \times 0,8 \text{ (80\% de residuos que permanecen en el agua)} / 2 \text{ (contenido de carbono en la alimentación aproximadamente del 50\%)}$.

Cálculo para determinar el nivel de nitrógeno:

$N = \text{Cantidad de alimento} \times 0,9 \text{ (90\% de materia seca)} \times 0,7 \text{ (70\% de residuos que permanecen en el agua)} \times 0,35 \text{ (nivel de proteína en el alimento)} / 6,25$.

Las sustancias y los cálculos se realizaron para cada uno de los tanques utilizados en el bioensayo.

Adaptación de las poslarvas de camarón para el bioensayo

En un tanque de 3000 L de capacidad, se produjo 3.500 ± 100 poslarvas provenientes de la Camaronera Manabita S.A. con un peso de 200 poslarvas en un gramo (peso promedio 5 mg, se añadió biofloc con el objetivo de acondicionar a las densidades de microorganismos y a la alimentación de 35% de PB.

Biometrías y alimentación de juveniles de camarón para el bioensayo

Se sembraron camarones de $3,03 \pm 0,25$ gramos. Para las biometrías se procedió a la medición de los camarones desde el rostro hasta el telson y se pesaron en una balanza analítica Ohaus. Se alimentaron dos veces por día (07:00 a.m. y 4:00 p.m.) a una tasa de alimentación de 6% del peso corporal/día durante 60 días, ajustando las raciones cada 15 días a través de muestreos de los animales.

Tanques del bioensayo

Para el bioensayo (microcosmos) se aplicaron dos sistemas de aireación: 1) salida de aire de un tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada con una abertura de 3 mm en el extremo (Figuras 1 y 2) manguera difusora (Figura 2). En cada tanque se vertió 20% de biofloc y un 80% de agua de mar filtrada.



Figura 1. Tanque con tubería PVC perforada en el extremo como sistema de aireación.



Figura 2. Tanque con manguera difusora como sistema de aireación.

Alimentación

Para los T1 y T3 se suministró alimento balanceado de 28% de PB, mientras que para los T2 y T4 se incluyó alimento balanceado de 22% de PB. Se alimentó al 2,02%; 2%; 1,95% y 1,9% del peso del camarón obtenido en cada biometría.

Enero – abril de 2022

Parámetros ambientales

Se registraron diariamente (7:00 am y 4:00 pm) los valores de temperatura, oxígeno disuelto, el pH (multiparámetro digital YSI, EUA) y la salinidad (refractómetro Aquafauna-Master EUA).

Se utilizó el espectrofotómetro HACH para evaluar los niveles de NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 , TAN (Nitrógeno Amoniacal Total). Esta evaluación se realizó cada cuatro días.

Prueba de sedimentación

El volumen de sólidos sedimentables del biofloc se midió para conocer la cantidad de materia orgánica en suspensión. La medición se realizó dos veces/semana con conos Imhoff⁽¹⁷⁾, los que se llenaron con un litro de agua del tanque de experimentación y al término de 10, 20 y 30 minutos se registró la cantidad de sólidos que sedimentaron en el cono.

Diseño experimental

Se evaluó la eficiencia para mantener los niveles óptimos de OD mediante dos materiales de aireación, el uno mediante tubo PVC y el otro con manguera difusora.

Se realizó un experimento completamente al azar con tres réplicas: para el tratamiento uno (T1) se utilizó tubería PVC, y un alimento al 28% de PB; en el tratamiento dos (T2) se usó manguera difusora y un alimento del 22% de PB; el tratamiento tres (T3) se utilizó manguera difusora y un alimento con el 28% de PB; En el tratamiento cuatro (T4) se usó tubo PVC y un alimento del 22% de PB. Estos cuatro tratamientos se cultivaron con biofloc.

Análisis estadístico

ANOVA y Modelo Lineal General (MLG) del OD. Se realizó un análisis descriptivo de cada tanque y después de cada tratamiento para observar si se distribuía dentro de la normal mediante la prueba de Ryan-Joiner⁽¹⁸⁾.

Se observó que las variables pH (mañana y tarde), NO_2 , NO_3 , NH_4 , sedimentación y supervivencia no se distribuyen normal.

Se transformaron las variables utilizando Box-Cox ($W = Y^\lambda$), para el valor de $\lambda=0,5$, lo que permitió transformar las variables pH mañana y tarde, NO_2 , NO_3 y NH_4 ; para las otras variables se buscaron diferentes métodos de transformación, obteniendo resultados negativos.

Primero se realizó la técnica de ANOVA de un solo factor con $\alpha = 0,05$ para cada etapa del día (mañana y tarde) de OD y peso. Se obtuvo un valor de $p=0,054$ para los dos casos, por lo tanto, se consideró que existe diferencia significativa entre los tratamientos de igual manera la ganancia de peso, con un $p= 0,043$.

De tal forma que se analizó la influencia de los factores y de las covariables, para lo cual se utilizó ANOVA del Modelo Lineal Generalizado (MLG) tanto para la mañana como la tarde y observar si existe interacción entre las variables. Se realizó la prueba de Tukey para saber que tratamiento aporta de mejor manera a las concentraciones de OD.

Se utilizó el método paso a paso para descartar los factores y variables que no influyen en el modelo. Los factores considerados fueron: temperatura, tratamiento y TAN; y como co-variables: peso, talla, alimentación, pH, PO₄, UPS.

Análisis de variables que afectan de manera indirecta al OD

Se utilizó como covariables los valores del NH₄, NO₂, NO₃ y PO₄. Se usó el tratamiento como factor, para determinar la influencia en los valores del TAN.

Se realizó un primer ANOVA del MLG, se vieron los aportes significativos de cada una de las covariables y del factor, se retiraron las que no aportaban significativamente al modelo. Para transformar estas variables se usó el método Box-Cox ($W = Y^\lambda$), para el valor de $\lambda=0.5$. Los datos se corroboraron con el método paso a paso.

Prueba de Kruskal-Wallis. Las variables que no se logró transformar a la normal son: pH mañana y tarde, supervivencia y sedimentación (10, 20, 30 min). Se analizaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis, además, como prueba complementaria se aplicó el test de medianas de Mood⁽¹⁹⁾. Se plantearon las siguientes hipótesis: hipótesis nula, todas las medianas son iguales; hipótesis alterna, al menos una de las medianas es diferente. Se utilizó un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Softwares estadísticos. Los datos se procesaron con la ayuda de los paquetes estadísticos InfoStat: 20-09-2018, Minitab versión 17 y SPSS versión 25.

Resultados

Análisis exploratorio de los datos

En la [tabla 1](#), se muestran los estadísticos descriptivos como la media, coeficiente de variación y de asimetría, utilizados para visualizar el comportamiento de cada variable de los tratamientos. Nótese, que el coeficiente de asimetría en la mayoría de las variables se comportó simétricamente, donde el valor de g (verifica que $\mu_4=3\sigma^4$) se acerca a cero, por lo tanto, se podría entender que se tuvo una distribución normal. Las variables como: pH en la mañana y la tarde, NO₂, NH₄, NO₃ y supervivencia presentan valores altos positivos y negativos, esto se pudo observar en las variables que no se comportan normal. La media y el coeficiente de variación nos permitió identificar la variabilidad de cada tratamiento.

Resultados de ANOVA del MGL de la mañana

Se analizó la variable OD como variable dependiente; peso, talla, alimentación como covariables y como factores tratamiento y TAN. En la mañana el peso ($p=0,03$) y factor tratamiento ($p=0,01$) es el que aportó significativamente, lo que permitió evidenciar que estas variables influyen en la disminución en la concentración del OD, El resto de factores y variables no son significativos; el valor de R^2 ajustado fue de 63,23%.

Prueba de Tukey del OD en la mañana de cada tratamiento

Como se observa en la [tabla 1](#), el tratamiento T3 y T2 son significativamente diferentes. En los demás tratamientos no existió diferencia significativa.

Resultados de ANOVA del MGL de la tarde

Al igual que la mañana, se analizó el OD como variable dependiente; peso, talla, alimentación como covariables y como factor tratamiento y TAN. Las variables peso ($p=0,031$), talla ($p=0,005$), alimentación ($p=0,007$) y el factor tratamiento ($p=0,002$) son significativamente diferentes, lo que evidenció que estas variables influyen en la disminución del OD y que el tratamiento juega un papel importante en la disminución ya que este está compuesto por diferentes niveles de proteína y material de aireación; el R^2 ajustado fue de 85,6%.

Prueba de Tukey de los valores del OD en de la tarde de cada tratamiento

Los tratamientos T1, T3 y T2 son significativamente diferentes, pero T3 y T4 son semejantes a T1; T4 y T2 son similares ([Tabla 1](#)).

ANOVA (MLG) del TAN

Se utilizó los valores del TAN como variables dependientes; como covariables el NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 y como factor el tratamiento, Se observó que las variables que influenciaron significativamente al incremento del TAN, estas fueron: NO_2 ($p<0,001$), NH_4 ($p<0,001$) y el factor (tratamiento) no fue significativo, El valor de R^2 ajustado del 99,43%.

Tabla 1. Análisis de las variables de cada tratamiento.

Variables	T1			T2			T3			T4		
	\bar{x}	CV	Asi	\bar{x}	CV	Asi	\bar{x}	CV	Asi	\bar{x}	CV	Asi
PESO (biomasa media por tanque en gramos)	81,87 ^A	3,77	-1,73	62,53 ^B	25,16	-1,54	67,1 ^B	21,46	0,92	84,87 ^A	12,96	0,11
Supervivencia	77,78	0	0	64,81	27,55	-1,55	68,52	20,4	0,59	83,33	6,67	0
Talla (media en cm del camarón de cada tratamiento)	9,61	1,11	1,52	9,25	2,18	-0,48	9,2	2,9	-1,42	9,48	3,25	-0,82
Alimentación (gramos suministrados)	5,55	6,13	0,88	4,48	11,23	-1,56	4,61	9,11	-0,23	5,57	2,47	-1,69
NH ₄ (media en mg/L)	0,25	14,46	0,98	0,86	92,73	1,73	0,25	29,73	-0,89	0,23	9,12	0,59
NO ₂ (media en mg/L)	1	21,21	-1,57	1,14	36,38	-1,03	0,94	40,09	-1,27	0,89	23,48	1,43
TAN (media en mg/L)	1,25	14,46	-1,31	1,98	19,96	0,94	1,19	37,9	-1,21	1,12	20,49	1,37
NO ₃ (media en mg/L)	8,08	5,3	0,36	8,75	13,43	1,7	8,31	5,86	0,86	6,88	17,86	-0,88
O ₄ (media en mg/L)	5,45	21,38	1,34	5,65	35,22	0,2	4,45	23,58	-1,73	4,39	7,78	-1,05
°C mañana	23,52	1,62	-0,18	23,8	0,86	1,03	23,1	0,36	1,73	23,46	0,1	1,32
OD (mg/l) mañana	6,35 ^{AB}	3,53	-1,49	6,01 ^B	3,46	1	6,53 ^A	0,86	-1,41	6,24 ^{AB}	2,95	1,7
pH mañana	7,66	3,46	-1,71	7,76	0,37	-1,73	7,82	0,31	1,32	8,76	0,73	-1,73
UPS mañana	37	0,9	0,78	38,32	0,37	-0,49	37,19	1,63	1	36,75	1,35	-1,29
°C tarde	23,79	1,3	-1,73	23,8	0,86	0,96	23,95	0,69	1,31	24,55	0,64	-0,81
OD (mg/l) tarde	6,2 ^A	2,84	0,18	6,01 ^{BC}	3,46	1	6,47 ^{AB}	4,66	-1,15	5,68 ^{ABC}	3,02	0,43
pH tarde	7,62	5,35	-1,72	7,76	0,37	-1,73	7,96	0,18	-0,51	7,82	0,12	-1,52
ups tarde (g/l)	37,05	1,83	1,69	38,32	0,37	-0,49	37,27	0,55	1,57	35,8	1,47	1,3
10 min (mL/L),	10,88	19,5	0,28	10,32	28,69	-0,21	10,8	12,31	1,32	7,51	15,44	-1
20 min (mL/L),	12,88	4,99	0,06	13,06	13,56	0,04	14,03	8,92	1,66	10,67	3,4	-1,07
30 min (mL/L),	13,99	4,62	0,75	14,03	10,73	0,91	14,42	3,36	1,7	12,24	3,41	1,67

\bar{x} = media, CV= coeficiente de variación, Asi= asimetría, Medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). Los promedios se muestran con el límite de confianza al 95%.

Análisis del pH mediante el test de Kruskal-Wallis y de medianas de Mood

Se obtuvo un valor de $p=0,04$ en la prueba de Kruskal-Wallis, por ende, se acepta la hipótesis alterna, En el test de Mood se obtuvo el valor $p = 0,051$, se decidió aceptar la hipótesis alterna, es decir, que existió diferencias significativas entre T2 y T4 en las medianas del pH de la mañana y no hubo diferencia entre T1 y T3, además en T4 se observa un valor de pH alcalino (Tabla 2). Lo contrario se obtuvo en la tarde con un $p= 0,09$ en la prueba de Kruskal-Wallis por lo que se acepta la hipótesis nula.

Tabla 2. Concentración del pH por la mañana en cada tratamiento.

Tratamiento	N≤	N>	Mediana
T1	2	1	7,80
T2	3	0	7,78
T3	1	2	7,81
T4	0	3	8,80

Medianas altas están representadas por el número de mayor valor, tratamientos que presentan el mismo número no son significativos, se realiza comparaciones entre N para observar la diferencia existente entre estos, según la prueba de Mood, Las medianas se muestran con el límite de confianza al 95%.

Prueba de Kruskal-Wallis para la supervivencia

Se obtuvo un valor de $p=0,329$, por ende, se aceptó la hipótesis nula.

Prueba de Kruskal-Wallis y de la mediana de Mood para la sedimentación

En la prueba de Kruskal-Wallis a 10 min obtuvo un valor de $p=0,043$, por ende, se aceptó la hipótesis alterna, Y para la prueba de la mediana de Mood en el mismo tiempo se obtuvo un valor $p = 0,04$, se observa en la tabla 3 que T1 y T4 son diferentes, T1 presento un valor alto de sedimentación y T4 un valor bajo de sedimentación; a los 20 minutos se obtuvo un valor de $p=0,021$ en la prueba de Kruskal-Wallis, en la prueba de la mediana de Mood obtuvo un valor $p= 0,047$, además, se observó que T3 y T4 son diferentes y existió diferencia entre T1, T2 y T3, con un valor alto de sedimentación en T3 y el un valor bajo de sedimentación para T4; A los 30 minutos se obtuvo un valor de $p=0,029$ para Kruskal-Wallis y en la prueba de la mediana de Mood, se obtuvo el valor $p=0,047$ igual que los resultados de los 10 y 20 minutos, además se observó que T3 y T4 son diferentes: en T3 se observa mayor sedimentación y menor sedimentación en T4.

Tabla 3. Comparaciones de la mediana de cada tratamiento en diferente tiempo de sedimentación en los conos Imhoff.

Tratamiento	10 minutos			20 minutos			30 minutos		
	N≤	N>	Med	N≤	N>	Med	N≤	N>	Med
T1	1	2	10,7	1	2	12,9	1	2	13,9
T2	1	2	10,5	1	2	13,0	1	2	13,7
T3	0	3	10,4	0	3	13,4	0	3	14,2
T4	3	0	7,8	3	0	10,8	3	0	12,0

Medianas (Med) altas están representadas por el número de mayor valor, tratamientos que presentan el mismo número no son significativos, se realizan comparaciones entre N para observar la diferencia existente entre estos, según la prueba de Mood ($\alpha = 0,05$), Las medianas se muestran con el límite de confianza al 95%.

Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio indican algunas variables y parámetros que influyen en las concentraciones del OD (Tabla 1). Ibarra *et al* ⁽³⁾, utilizaron en cultivos de *Litopenaeus vannamei* como tratamiento control, al 35% de PB sin biofloc y tres tratamientos con 22%, 28% y 35% de PB con biofloc, todos los tratamientos usaban como sistema de aireación manguera difusora, donde no existieron diferencias significativas entre los niveles de PB. Estos resultados son similares a los obtenidos, donde los tratamientos con PVC y manguera difusora con los niveles de 22 y 28% de PB no presentaron diferencias significativas en cada sistema de aireación, pero existen diferencias significativas entre los tratamientos que usan como sistema de aireación tubería PVC y manguera difusora, siendo los de PVC, los que registran mayor ganancia de peso.

En cuanto al OD reportan valores que van desde 5,55 - 6,76 mg/L, estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio. Samocha T. ⁽¹⁰⁾, utiliza mangueras difusoras, piedras difusoras y difusores de microburbujas, lo que permite mantener buenos niveles en un rango de 4 mg/L hasta 8 mg/L de OD, en diferentes salinidades y temperaturas, siendo lo ideal que esté por encima de 5 mg/L, estos rangos son similares a los resultados registrados en este estudio donde se observó que los T2 y T3 con manguera difusora mantienen buenos niveles, pero T2, en la mañana, obtuvo el menor aporte de OD al comparar con todos los tratamientos.

Por otro lado, Quinteros *et al.* ⁽²⁰⁾, reportan resultados diferentes a los obtenidos en este estudio al utilizar en un tratamiento tubería PVC dentro del sistema de aireación y otro con recambios de agua, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, pero si existen diferencias significativas al medir el OD en la mañana y la tarde en cultivos con *Oreochromis sp*, siendo

similares a los resultados obtenidos en todos los tratamientos, con la diferencia que los tratamientos con PVC (T1 y T4) tienen mejores niveles de OD en la mañana al utilizar 28% PB y 22% PB, respectivamente, y en la tarde, el T3 que utiliza manguera difusora y 28% PB, al igual que T1, son los tratamientos que reportan los mejores niveles de OD y T4 el de menor nivel. Se debe incluir que las variables peso, talla y alimentación están influyendo significativamente en el OD.

Para las concentraciones de TAN, NH₄, NO₂, NO₃ y PO₄, Ibarra *et al.* ⁽³⁾, no encontraron diferencias significativas entre los tratamientos 22%, 28% y 35% de PB cuando compararan los valores de TAN obteniendo valores entre 0,54 y 0,62, de igual manera sucede con los PO₄, no obtienen diferencias significativas entre los tratamientos, obteniendo valores entre 0,86 mg/L y 1,36 mg/L al finalizar la investigación siendo estos valores menores a los reportados en este estudio donde T2 fue el tratamiento que menores niveles de TAN y PO₄, pero si encontraron diferencias significativas al comparar NO₂ y NO₃, siendo los tratamientos de 22% y 35% de PB los que mayor NO₂ presentan al finalizar la investigación con valores de 1,6 mg/L y 1,68 mg/L respectivamente, siendo estos valores superiores a los registrados en este estudio, sin embargo, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos siendo el T4 el de menor nivel de NO₂, además se comprobó que las variables NO₂ y NH₄ son las que están influenciando en los niveles del TAN, a lo contrario de NO₃ y PO₄, sin embargo, los resultados que obtienen Quinteros *et al.*, ⁽²⁰⁾, son aún menores que los reportados en este estudio con valores de 0,05 mg/L de NO₂. Morais *et al.* ⁽²¹⁾, compararon los procesos de nitrificación con tecnología biofloc vs biofilms y aireación versus sin aireación obteniendo valores menores de 1,70 mL de TAN (Tabla 1).

Malpartida ⁽²²⁾, menciona que la cantidad de sólidos sedimentables pueden influenciar en el nivel de pH del medio, es decir, que cuando se tiene mayor cantidad de sólidos sedimentables se acidifica el medio, esto concuerda con los resultados presentados en este estudio, como se observa en la tabla 2 y 3 donde se evalúa la concentración de pH y sedimentación, respectivamente. En T3 donde se muestra un valor de 14,2 mL/L de sólidos sedimentables a los 30 min, con un valor de pH ligeramente alcalino, por otro lado, estos resultados son similares a los obtenidos por Ibarra *et al.* ⁽³⁾, donde obtiene valores de pH entre 8,01 a 8,26 para el control y de 7,37 a 7,49 para los tratamientos con biofloc en los diferentes niveles de proteína. Por otro parte, Quinteros *et al.* ⁽²⁰⁾, al medir la concentración de pH, se encontraron diferencias estadísticas entre la mañana y la tarde, siendo los tratamientos con biofloc más alcalinos en comparación con el tratamiento sin biofloc. Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio, donde en la mañana existió diferencia significativa entre T1 y T4, mientras que en la tarde no hubo diferencias entre los tratamientos.

Al analizar la tabla 3 se observa que T4 presenta menor cantidad de sólidos sedimentables y el pH de mayor alcalinidad en comparación con todos los tratamientos, lo que coincide con Malpartida ⁽²²⁾, significando que a menor concentración de sólidos suspendidos el pH es más

alcalino, lo que puede estar influenciado porque la tasa de suministro de oxígeno es óptima como menciona Harun *et al.* ⁽²³⁾, y produce que los flóculos suspendidos se disgreguen adecuadamente, disminuyendo la concentración de sólidos sedimentables; además, concluye que el aerotubo proporciona un mejor movimiento y circulación del agua lo que ayudando a la formación de sedimento, lo que explicaría porque T3 es el tratamiento con mayor sedimentación.

En cuanto a registros de la supervivencia, no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, estos resultados son similares a los obtenidos por Ibarra *et al.* ⁽³⁾ y Quinteros *et al.* ⁽²⁰⁾, Xu y Pan ⁽²⁴⁾.

Conclusiones

Los tratamientos con tubería PVC (T1 y T4) fueron los que mejor se comportaron en cuanto a la ganancia de peso y concentración de OD en la mañana, sin importar el porcentaje de proteína bruta suministrada, pero en la tarde, el tratamiento T4 es el que menor concentración de OD registra, aunque se encuentra dentro de los intervalos aceptables.

Los niveles de proteína repercuten en la sedimentación y el pH. T3 y T1 presentan los valores más altos de sedimentación con alimento balanceado de 28% de PB. En cuanto a los parámetros, en la tarde, el oxígeno disuelto está influenciado por las variables peso, talla, alimentación y el factor tratamiento. En la mañana repercute solo el peso; esto es muy similar a las variables NO₂ y NH₄ que influyen significativamente en el TAN, pero al analizar este, se encontró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos; además, se comprobó que el TAN no influye en los niveles de OD.

Referencias

1. Beltrán M. Innovación en el sector acuícola. Ra Ximhai, 2017; 13 (3): 351-364. <http://revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/71530/63120>
2. Ibarra E, Carratalá S, Proaño J. Determinación del Índice de Importancia Relativa en *Oreochromis sp.* cultivadas con biofloc y alimento balanceado. La Técnica, 2015; 14 (2): 62-71. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i14.583
3. Ibarra E, Proaño J, Llanes J. Evaluación de tres niveles de proteína en cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con tecnología biofloc. Rev. AquaCUBA, 2020; 37 (2): 83-91. <https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=7351>
4. Azim ME, Little DC. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 2008; 283 (4): 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.036>

5. Bossier P, Ekasari J. Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals. *Microbial Biotechnology*, 2017; 10 (5): 1012-1016. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12836>
6. Chaverra S, García J, Pardo S. Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. *Rev CES Med Zootec*, 2017; 12 (3): 170-180. <http://dx.doi.org/10.21615/cesmvz.12.3.1>
7. Fleckenstein L, Tierney T, Ray A. Comparing biofloc, clear-water, and hybrid recirculating nursery systems (Part II): Tilapia (*Oreochromis niloticus*) production and water quality dynamics. *Aquac Eng.*, 2018; 82: 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.06.006>
8. Martínez-Córdova L, Martínez-Porchas M, Emerenciano M, Miranda Baeza A, Gollas-Galván T. From microbes to fish the next revolution in food production. *Crit Rev Biotechnol*. 2016; 37 (3): 87-295. <https://doi.org/10.3109/07388551.2016.1144043>
9. Krummenauer D, Peixoto S, Cavalli RO, Poersch L, Wasielesky W Jr. Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking. *J World Aquac Soc.*, 2011; 42 (5): 726-733. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x>
10. Samocha Tzachi. Sustainable biofloc systems for marine shrimp. India. British Library.1st Edition. Elsevier and Book Aid International A. 2019. <https://www.sciencedirect.com/book/9780128180402/sustainable-biofloc-systems-for-marine-shrimp>
11. Hernández L, Londoño J, Hernández K, Torres L. Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *Rev CES Med Zootec.*, 2019; 14 (1): 70-99. <http://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/5020>
12. de Sousa A, Pinho SM, Rombenso AN, de Mello GL, Emerenciano MG. Pizzeria by-product: A complementary feed source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) raised in biofloc technology?. *Aquaculture*, 2019; 501 (25): 359–367. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.055>
13. Gaona C, Serra F, Furtado P, Poersch L, Wasielesky W Jr. Biofloc management with different flow rates for solids removal in the *Litopenaeus vannamei* BFT culture system. *Aquacult Int.*, 2016; 24 (1): 1263–1275. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-9983-2>

14. Wasielesky W, Atwood H, Stokes A, Browdy CL. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture.*, 2006; 258 (1–4): 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>.
15. Emerenciano M, Ballester E, Cavalli R, Wasielesky W Jr. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: Growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquacult Int.*, 2011; 19 (1): 891–901. <https://doi.org/10.1007/s10499-010-9408-6>
16. Ibarra E, Llanes J, Rodríguez B. Caracterización nutricional del biofloc desarrollado con agua del Pacífico ecuatoriano para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*. *Cub Agri Sci.*, 2019; 53 (4): 395-402. <http://www.cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/929>
17. Daniel N, Nageswari P. Exogenous Probiotics on Biofloc based Aquaculture: A Review. *Curr Agri Res.*, 2017; 5 (1): 88-107. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.5.1.11>
18. Ramos-Avasolaa S. , Karstulovica C. , Gamboaa C. , Gamarrac J. , Catalánd M. ¿Son reproducibles las mediciones dosimétricas a bajas dosis en cardiología intervencionista?. *Rev Chil Radiol.*, 2016; 70: 75. DOI: 10.1016/j.rchira.2016.06.003
19. Ramos Pison M., Vega Yáñez N., Morales Fritis L., González Zapata F., Sandoval Tapia D. Empatía y estudiantes de kinesiología. *Rev Ciencias Médicas.* 2019: 295-301. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-31942019000200295&lng=es.
20. Quintero S, Tolosa M, Aguilar O. Tecnología del biofloc en un cultivo de mojarra roja (*Oreochromis sp.*) en la etapa de levante. *Rev Innv en la U.* 2013; 5(1):23-32. <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/innovando/article/view/3845>
21. de Morais A, Abreu PC, Wasielesky W Jr., Krummenauer D. Effect of aeration intensity on the biofilm nitrification process during the production of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in Biofloc and clear water systems. *Aquaculture.* 2020; 514 (1): 734516. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734516>
22. Malpartida, Pasco.J. Aeração em cultivos superintensivos de tilapias *Oreochromis niloticus*, em bioflocos e com troca mínima de água. [Tesis de doctorado]. Florianópolis: CORE, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura; 2015. <https://core.ac.uk/display/30433529>

23. Harun A, Mohammada N, khwanuddin M, Jauharic I, Sohaili J, Kasan N. Effect of different aeration units, nitrogen types and inoculum on biofloc formation for improvement of Pacific Whiteleg shrimp production. *Egypt J Aquat Res.*, 2019; 45 (3): 287-292. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.07.001>
24. Xu WJ, Pan LQ. 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*, 2014; 426-427: 181–188. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.003>