

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**Efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el
crecimiento y supervivencia de camarones machos de *Macrobrachium*
*caementarius***

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIOLÓGO ACUICULTOR**

Autor:

Bach. Reyes Blas, Abraham Isaías

DNI: 70156686

Asesor:

Dr. Reyes Avalos, Walter Eduardo

DNI: 17878579

ORCID: 0000-0002-4277-9521

Nuevo Chimbote – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



**Efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el
crecimiento y supervivencia de camarones machos de *Macrobrachium*
*caementarius***

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIOLÓGO ACUICULTOR**

Autor: Abraham Isaias Reyes Blas

Revisado y aprobado por el asesor


Dr. Reyes Avalos, Walter Eduardo
DNI: 17878579
ORCID: 0000-0002-4277-9521

Nuevo Chimbote – Perú

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA

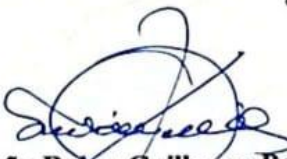


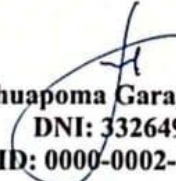
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

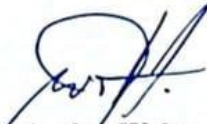
**Efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el
crecimiento y supervivencia de camarones machos de *Macrobrachium*
*caementarius***

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIOLÓGO ACUICULTOR**

Jurado Evaluador


Dr. Saldaña Rojas, Guillermo Belisario
DNI: 18114311
ORCID: 0000-0003-4877-1165


Mg. Carhuapoma Garay, Juan Miguel
DNI: 33264920
ORCID: 0000-0002-2708-8140


Dr. Reyes Avalos, Walter Eduardo
DNI: 17878579
ORCID: 0000-0002-4277-9521

Nuevo Chimbote – Perú
2025

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Laboratorio de Acuicultura Continental, siendo las 19:30 horas del día 19 de Junio de 2025, dando cumplimiento a la Resolución N° 147-2025-UNS-FC, se reunió el Jurado Evaluador presidido por Guillermo Saldana Rojas, teniendo como miembros a Juan M. Carhuapoma Gary (secretario) (a), y Walter Reyes Avalos (Integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor realizado por el, (la), (los) tesista (as) ABRAHAM ISAIAS REYES BIAS

quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: "Efecto combinado del biofloc y el sistema de cultivo sobre el crecimiento y supervivencia de Camarones machos de Macrobrachium coarctatus"

Terminada la sustentación, el, (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como BUENO asignándole un calificativo de 27 (18) puntos, según artículo 112° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 337-2024-CU-R-UNS).

Siendo las 20:15 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Guillermo S. Rojas
Presidente

Nombre: Juan M. Carhuapoma Gary
Secretario

Nombre: Walter Reyes Avalos
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (), testistas () y archivo (02).



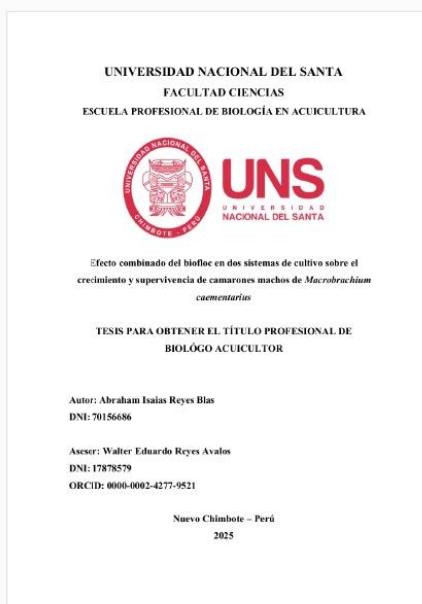


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Abraham Isaias Reyes Blas
Título del ejercicio: Tesis de pregrado
Título de la entrega: Efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre...
Nombre del archivo: TESIS_BIOBLOC_2025_Final.docx
Tamaño del archivo: 1.04M
Total páginas: 38
Total de palabras: 8,602
Total de caracteres: 50,203
Fecha de entrega: 28-ago-2025 11:45a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2736992235



Efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el crecimiento y supervivencia de camarones machos de *Macrobrachium caementarius*

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	17%	9%	6%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	9%
2	posgrado.bdelrio.tecnm.mx Fuente de Internet	1%
3	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	www.lajar.cl Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional de Colombia Trabajo del estudiante	1%
6	Alokesh Kumar Ghosh, Abul Farah Md. Hasanuzzaman, Md. Golam Sarower, Md. Rashedul Islam, Khandaker Anisul Huq. "Unveiling the biofloc culture potential: harnessing immune functions for resilience of shrimp and resistance against AHPND - causing Vibrio parahaemolyticus infection", Fish & Shellfish Immunology, 2024 Publicación	1%
7	pdffox.com Fuente de Internet	1%

DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría, fortaleza, salud y coraje para poder afrontar nuevos retos y por permitirme culminar con éxito mi carrera profesional.

A mis padres Santos Reyes Velásquez y Gladys Blas Quiñonez por su apoyo incondicional en este largo camino universitario, por su comprensión en todas las situaciones de mi vida y sus consejos.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a mi Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida y hacer de mí una mejor persona y profesional.

Mi eterno agradecimiento a mis padres por su amor y apoyo infinito.

Agradezco mi asesor Dr. Walter Reyes Avalos por su paciencia, apoyo, compromiso y consejos que fueron de gran ayuda en mi formación profesional.

Agradezco a la Lic. Ana Lourdes Vega Reyes por su apoyo económico y emocional, agradecerle infinitamente ya que, sin su apoyo, no hubiera sido posible realizar esta investigación.

Mi infinito agradecimiento a Melyssa Tapia Lorenzo por su apoyo y amor incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO TEÓRICO	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Los organismos	19
3.2. Diseño experimental	19
3.3. Los sistemas de cultivo	20
3.4. Cultivo en biofloc	20
3.5. Dieta y alimentación	20
3.6. Parámetros zootécnicos	21
3.7. Calidad del agua	22
3.8. Análisis de datos	22
IV. RESULTADOS	23
4.1. Crecimiento	23
4.2. Supervivencia	24
4.3. Coloración del cuerpo	25
4.4. Composición cualitativa del biofloc	26
4.5. Calidad del agua	26
V. DISCUSIÓN	27
VI. CONCLUSIONES	29
VII. RECOMENDACIONES	29
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
IX. ANEXO	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de cultivo del camarón <i>M. caementarius</i> : A) Cultivo en agua con biofloc y recipientes individuales B) Cultivo en agua sin biofloc y con malla.	19
Figura 2. Crecimiento de <i>M. caementarius</i> cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($p > 0.05$).	23
Figura 3. Supervivencia de <i>M. caementarius</i> cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($p > 0.05$).	24
Figura 4. Variación de los sólidos sedimentables (mL/L) durante el cultivo de <i>M. caementarius</i> en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($p > 0.05$).	24
Figura 5. <i>M. caementarius</i> . A) Obstrucción de branquias (flecha). B) branquias obstruidas por flóculos observados en microscopio, al final del periodo de cultivo.	25
Figura 6. A) Color final del cuerpo de <i>M. caementarius</i> cultivados en agua con biofloc. B) Color final del cuerpo de <i>M. caementarius</i> cultivados en agua sin biofloc. Barra: 1cm.	25
Figura 7. Microorganismos observados en el biofloc. A) Microalgas. B) Rotíferos.	26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición porcentual y proximal del alimento balanceado para <i>M. caementarius</i> (Reyes, 2012).	21
Tabla 2: Parámetros de crecimiento (Media $\pm$ desviación estándar) en longitud, peso y supervivencia de <i>M. caementarius</i> cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días.	23
Tabla 3: Parámetros físicos y químicos (Media $\pm$ desviación estándar) del agua de cultivo de <i>M. caementarius</i> cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: A) Ubicación de captura de <i>M. caementarius</i> . B) Recipientes individuales para transporte de <i>M. caementarius</i> . C) Sistema completo de transporte de <i>M. caementarius</i> .	36
Anexo 2: A) Sistemas de cultivo de <i>M. caementarius</i> y biometría. B) Longitud de <i>M. caementarius</i> . C) Peso de <i>M. caementarius</i> .	36

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el crecimiento y supervivencia de camarones machos de *Macrobrachium caementarius*. El experimento fue realizado en 12 acuarios de vidrio (55 L), donde se implementó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2 , con tres repeticiones por tratamiento. Los factores y niveles de cada factor fueron: biofloc (agua con biofloc y agua sin biofloc) y los sistemas de cultivo (recipientes y malla). Los parámetros de crecimiento en longitud no mostraron diferencia significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos. Los parámetros de crecimiento en peso de los camarones fueron significativamente ($p < 0.05$) mayores en los cultivados en biofloc con recipientes y malla, así como sin biofloc y en recipientes. La supervivencia en los cultivados en agua sin biofloc y con malla, así como con biofloc y en recipientes fue del 27.78%; en cambio, en el tratamiento con biofloc y con malla fue de 16.67%. El exceso de sólidos suspendidos fue significativamente mayor en los tratamientos con biofloc tanto en donde se cultivaron en recipientes (46.25%) como con malla (50.00%). El biofloc favoreció el crecimiento en peso del camarón, pero es recomendable emplear menor proporción de carbono:nitrógeno para disminuir los sólidos sedimentables y no afecten la supervivencia de los animales.

Palabras clave: alimento natural, coloración corporal, flóculos, sólidos suspendidos,

ABSTRACT

The objective was to evaluate the combined effect of biofloc in two culture systems on the growth and survival of male *Macrobrachium caementarius* prawn. The experiment was conducted in 12 glass aquaria (55 L) using a completely randomized design with a 2 × 2 factorial arrangement, with three replicates per treatment. The factors and levels of each factor were: biofloc (water with biofloc and water without biofloc) and culture systems (containers and mesh). Growth parameters in length did not show significant differences ($p < 0.05$) between treatments. Growth parameters in weight were significantly ($p < 0.05$) higher in prawn grown in biofloc with containers and mesh, as well as without biofloc and in containers. Survival in prawn grown in water without biofloc and with mesh, as well as with biofloc and in containers was 27.78%; in contrast, in the treatment with biofloc and mesh it was 16.67%. Excess suspended solids were significantly higher in the biofloc treatments, both in containers (46.25%) and net-grown (50.00%). Biofloc promoted prawn weight growth, but a lower carbon-to-nitrogen ratio is recommended to reduce settleable solids and minimize animal survival.

Keywords: natural food, body coloration, flocs, suspended solids

I. INTRODUCCIÓN

En los policultivos se aprovecha todo el cuerpo de agua, siendo este sistema de cultivo el más preferido (Bessa Junior et al., 2012). En cambio, el monocultivo ha dejado de ser el sistema recomendable (Medeiros et al., 2017). Además, el sistema de cocultivo se evita la interacción de las especies debido a que se encuentran separadas, y con ello se maximiza el crecimiento, como sucede en diversos crustáceos como *Cherax quadricarinatus* (Manor et al., 2002) y *Macrobrachium caementarius* (Terrones y Reyes, 2018), ambas especies tienen un canibalismo muy acentuado que hace dificultoso su cultivo. Otro sistema de cultivo es el de recirculación de agua que permite establecer un cultivo en lugares donde hay escases de agua (Timmons et al. 2010; Gichana et al. 2018) y es considerada como un sistema que está dentro del paradigma de la bioeconomía circular, en donde el biofloc es parte de este sistema de cultivo (Zimmermann et al., 2023). En el sistema de recirculación hay filtración física que elimina los alimentos no consumidos y los excrementos de los animales que podrían causar obstrucción de los filtros biológicos del sistema (Mugwanya et al., 2022).

Actualmente, el sistema de biofloc contribuye con la nutrición acuícola por el aporte de alimento vivo, producción de proteína celular y mantenimiento de las condiciones ambientales saludables para la producción de organismos acuáticos (Samsuri et al., 2024). En este sistema de cultivo el alimento no consumido y los productos de excreción, incrementan el amonio del agua (Panigrahi et al., 2018), pero esto se reduce mediante la formación de proteína bacteriana (Kumar et al., 2018) y, además, hay bacterias nitrificantes y microalgas (Souza et al., 2019) que contribuyen con la nutrición de los organismos cultivados en este sistema.

Sin embargo, aun no se ha realizado una investigación sobre el efecto del biofloc en el crecimiento y supervivencia de adultos de *M. caementarius*, en consecuencia, se formula el siguiente problema ¿Cuál es el efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el crecimiento y supervivencia de camarones machos de *M. caementarius*? Esta especie de camarón se distribuye desde Lambayeque, Perú (6°32' S) hasta Valparaíso, Chile (33°26' S) y llega hasta los 1400 msnm (Moscoso, 2012) y se considera omnívora porque se alimenta de detritus, microalgas, arena y restos vegetales (Viacava et al., 1978).

La hipótesis establece que, si los camarones machos de *M. caementarius* son cultivados en una combinación de biofloc (con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y mallas), entonces se logra mayor crecimiento y se mantiene alta supervivencia en la combinación de biofloc y en los dos sistemas de cultivo.

El objetivo general de la investigación fue evaluar efecto combinado del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el crecimiento y supervivencia de camarones machos de *M. caementarius*. Los objetivos específicos fueron:

- Cuantificar el efecto del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre el crecimiento de adultos de *M. caementarius*,
- Cuantificar el efecto del biofloc en dos sistemas de cultivo sobre la supervivencia de adultos de *M. caementarius*.

II. MARCO TEÓRICO

En los sistemas de cultivo, el alimento no consumido y los productos de excreción, incrementan el amonio (Panigrahi et al., 2018), pero esto se reduce mediante la formación de proteína bacteriana (Kumar et al., 2018), uso de melaza (Panigrahi et al., 2019), bacterias nitrificantes y microalgas (Kumar et al., 2019; Deasy et al., 2021). El sistema biofloc es adecuado y beneficioso para la producción acuícola sostenible (Huu et al., 2023; Saeedi et al., 2024) puesto que, reduce las concentraciones de amonio en el agua (Chen et al., 2021), transforma el alimento no consumido en proteína bacteriana (Kumar et al., 2021), proporciona alimento natural y suplementaria de forma continua (Castro et al., 2021) y posee efectos probióticos (Liu et al., 2018; Muhamad et al., 2024).

La relación carbono: nitrógeno (C:N) en los sistemas biofloc es manipulable y para ello se utilizan fuentes de carbono, como melaza, azúcar y harina de yuca (Avnimelech, 1999; Miao et al., 2017; Huang et al., 2022). Las relaciones C:N más utilizadas son de 10:1 (Khanjani et al., 2023), 15:1 (Panigrahi et al., 2019) y 20:1 (Avnimelech, 1999). Los biofloc con relación C:N 9:1 y 12:1 son dominados por microalgas y bacterias autótrofas y los de C:N 15:1 y 18:1 por bacterias heterotróficas (Xu et al., 2016).

El biofloc es fuente de alimento natural ya que está compuesto por protozoos, algas y bacterias (Ballester et al., 2017; Panigrahi et al., 2020; Ferreira et al., 2021) que se digieren de manera eficiente, en comparación con las dietas comerciales (Ibarra et al., 2019). Las cianobacterias filamentosas y los flagelados, contribuyen al contenido proteico del biofloc (Eilious et al., 2021), de esta manera ayuda al crecimiento y supervivencia de *Penaeus vannamei* (Li et al., 2024), *Penaeus monodon* (AftabUddin et al., 2020), *Procambarus clarkii* (Li et al., 2021) y *Macrobrachium rosenbergii* (Miao et al., 2017; Hosain et al., 2021).

La presencia de *Bacillus* sp. indica que el biofloc es fuente de probióticos (Megahed et al., 2018; Yun et al., 2019), los cuales reducen la densidad de patógenos en los sistemas de cultivo y ayudan activar el sistema inmune en *C. caementarius* (Torres – Lagos et al., 2024) y *P. vannamei* (Gustilatov et al., 2023), además estos probióticos producen efectos positivos en el tracto intestinal de *P. stylirostris* (Emerenciano et al., 2011; Miao et al., 2020), *P. vannamei* (Lee et al., 2017) y *M. caementarius* (Torres-Lagos et al., 2024). También estimulan la actividad de tripsina y amilasa en la digestión (Cardona et al., 2015).

Además, el biofloc es fuente de carotenoides (Dorothy et al., 2021), el cual es necesario para la pigmentación del exoesqueleto de *M. caementarius* que, al ser cultivados en

recipientes individuales, presentan despigmentación por el bajo contenido de carotenoides en el alimento (Reyes, 2011; Reyes-Avalos, 2016).

El uso de sustratos sumergidos en sistemas de cultivos acuícolas ayuda a la formación de biopelículas, las cuales están compuestas por organismos que pertenecen a la dieta natural de *Farfantepenaeus paulensis*, además los sustratos ayudan a disminuir la deposición de flóculo en el fondo de los sistemas de cultivo, ya que atrapan sólidos suspendidos presentes en el agua (Ballester et al., 2007; Kumar et al., 2019). El uso de malla como sustrato mejora la eficiencia del cultivo de *Cherax quadricarinatus*, ya que la variedad de tamaño de sus pliegues y su característica de separarse en fibras anchas, representa lugares potenciales de refugio (García-Ulloa et al., 2012). Por eso se recomienda usar en los sistemas de cultivo la red cebollera como refugio ya que, al distribuirse por toda el área, permite ampliar la superficie del sustrato y la utilización completa de la columna de agua (Parnes & Sagi, 2002; Calvo, 2013).

El cultivo en recipientes individuales es una técnica utilizada en crustáceos altamente agresivos para evitar la interacción y el canibalismo, como sucede en el crayfish *C. quadricarinatus* (Manor et al., 2002), la langosta *Homarus gammarus* (Drengstig et al., 2013) y también en el cangrejo *Portunus pelagicus* (Kalidas et al., 2020). En camarones machos de *M. caementarius*, el cultivo en recipientes individuales podría ser útil para el engorde en un cultivo comercial y para seleccionar camarones de rápido crecimiento en peso con fines de selección genética (Reyes-Avalos, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Los organismos

Los camarones fueron capturados en el río Pativilca ($10^{\circ}39'50''$ S - $77^{\circ}40'02''$ O) con ayuda de pescadores locales quienes emplean la captura a mano. El transporte de los camarones fue individualmente en vasos de plástico agujereados, acondicionados en recipientes (50 L) con agua del mismo río, y la aireación intermitente fue mediante equipo inflador. El transporte terrestre duró de seis horas y no hubo mortalidad. La especie *M. caementarius* se reconoció con clave taxonómica (Méndez, 1981) y los ejemplares machos fueron reconocidos por la presencia de un gonópodo en cada coxopodito del quinto par de periópodos. En el Laboratorio de Acuicultura ornamental, los camarones fueron aclimatados durante siete días en los mismos recipientes de transporte.

3.2. Diseño experimental

El experimento se realizó en 12 acuarios de vidrio ($0.60 \times 0.31 \times 0.35$ m, de 0.186 m^2 y volumen útil de 55 L), donde se implementó el diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×2 , con tres repeticiones por tratamiento. Los factores y niveles de cada factor fueron: biofloc (agua con biofloc y agua sin biofloc) y los sistemas de cultivo (recipientes y malla) (Fig. 1). La densidad de siembra fue de 32 camarones/ m^2 . El experimento duró 90 días.

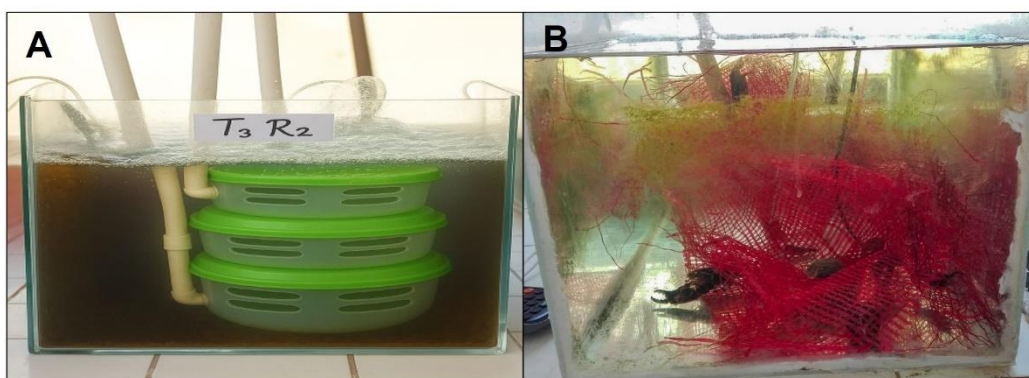


Figura 1. Sistemas de cultivo del camarón *M. caementarius*: A) Cultivo en agua con biofloc y con recipientes individuales B) Cultivo en agua sin biofloc y con malla.

3.3. Los sistemas de cultivo

En el experimento, se emplearon dos sistemas de cultivo (recipientes y malla). El cultivo en recipientes individuales fue el empleado previamente (Reyes-Avalos, 2016) donde cada acuario fue acondicionado los seis recipientes de cultivo (19 cm de diámetro y 284 cm²) instalados en dos grupos de tres niveles. El cultivo con malla consistió en emplear tres paños de red cebollera (0.60 × 0.30 m y de 1 cm de abertura de malla), colocados de forma aleatoria dentro del acuario según lo sugerido por Calvo et al. (2013), lo que permitió ampliar el área superficial en 0.612 m².

3.4. Cultivo en biofloc

La producción de biofloc en cada acuario se inició con la maduración del sistema mediante el uso de melaza comercial de 82 °Brix (Avnimelech, 1999; Miao et al., 2017) y alimento balanceado. En los tratamientos con biofloc, la cantidad de alimento balanceado (Tabla 1) fue 2.5 g cada dos días y la cantidad de melaza adicionada diariamente fue de 5 g, y se mantuvo fuerte aireación (3 L/min) para ayudar a estimular la proliferación de bacterias y maduración del biofloc durante las primeras dos semanas. Luego, se procedió a sembrar los camarones dentro de los tratamientos para que la maduración del biofloc se complete con los organismos dentro del sistema. Cada semana se realizó un reajuste en la adición de melaza, y que dependió de la cantidad de alimento suministrado, con este reajuste aseguramos que el sistema se mantenga en la relación carbono nitrógeno C/N de 20/1. Para el reajuste de la cantidad de melaza, se tuvo en cuenta la fórmula utilizada por Timmons et al. (2002).

$$\text{Melaza} = [\text{NAT} \times (\text{C/N})] \times \%C^{-1}$$

$$\text{NAT} = F \times \text{PC} \times 0.092$$

Donde NAT es el nitrógeno amoniacal total, C/N es la relación carbono/nitrógeno, %C es el porcentaje de carbono en la melaza, F es la cantidad de alimento y PC es el contenido de proteína del alimento.

3.5. Dieta y Alimentación

La dieta fue elaborada según la formulación de Reyes-Avalos (2016) (Tabla 1). Los camarones fueron alimentados todos los días (8:00 y 17:00 h) y la tasa de alimentación fue del 6 % de la biomasa total, el que se reajustó cada mes. El alimento entregado a los camarones fue mediante los tubos alimentadores de los recipientes de cultivo individual.

Tabla 1. Composición porcentual y proximal del alimento balanceado para *M. caementarius* (Reyes-Avalos, 2016).

Composición	%
Composición porcentual	
Harina de pescado	30.00
Harina de soja	21.00
Harina de maíz	16.67
Harina de paprika	0.03
Aceite de pescado	2.00
Aceite de soja	0.50
Aceite de maíz	0.50
Lecitina de soja ¹	1.00
Polvillo de arroz	22.00
Melaza	3.00
Zeolita	2.00
Sal común	1.00
Complivit B ²	0.30
Total	100.00
Composición proximal	
Proteína bruta	30.00
Lípidos	8.10
Fibra	4.60

¹. Lecitina de soja purificada comercial purificado de soja (soja insípida en cápsulas blandas, fosfatídico contenido >60 %).

². Comprende (kg⁻¹): Vitaminas A 8 g; E 7 g; B1 8 g; B2 16 g; B6 11,6 g; B12 0,02 g; C 6 g; D3 5 g; K3 1 g; nicotinamida 10 g; niacina 6 g; Biotina 0,3 g DL Metionina 20 g; Pantotenato de calcio 47 g; El cloruro de sodio 27 g; Cloruro de potasio 34 g; El sulfato de magnesio 7 g; Maca 5 g y excipientes.

3.6. Parámetros zootécnicos

Los muestreos de los camarones se realizaron cada mes. El peso total de los camarones se determinó en una balanza digital ADAM AQT 600 (± 0.1 g). La longitud total (LT = Escotadura post orbital hasta el extremo posterior del telson) se midió con vernier (± 0.05 mm) con los animales posicionados ventralmente. Con los datos se determinó la ganancia porcentual (GP), la tasa de crecimiento absoluto (TCA), la tasa de crecimiento específica (TCE). Además, en cada muestreo la supervivencia (S) se determinó por conteo de los animales vivos.

$$GP (\%) = (CA/X_1) \times 100$$

$$TCA = CA/t_2 - t_1$$

$$TCE (\% \text{ día}^{-1}) = [(\ln X_2 - \ln X_1) / t_2 - t_1] \times 100$$

$$S (\%) = N_i \times 100/N_o$$

Donde X_1 y X_2 es el peso húmedo (g) o la longitud total (cm), inicial y final; t_1 y t_2 es

la duración en días; $\ln X_1$ y $\ln X_2$ el logaritmo natural del peso o la longitud inicial y final; N_0 es el número inicial de camarones y N_t el número final de camarones.

3.7. Calidad del agua

Los microorganismos en el biofloc fueron reconocidos con el manual de identificación de microorganismos (Foissner et al., 1992). Los desechos sólidos de todos los tratamientos se extrajeron por sifoneo. El registro de parámetros físicos y químicos del agua se realizó cada semana. La temperatura se midió con termómetro digital (± 0.1 °C), el pH con pH-metro digital (± 0.01 unidades), amonio total, nitritos, nitratos, alcalinidad, oxígeno a través del Test colorimétricos SERA (± 0.1 mg/L). Los sólidos suspendidos se determinaron con un cono Imhoff de 1000 mL y fueron medidos cada 5 días.

3.8. Análisis de datos

Se empleó el diseño estadístico completamente al azar con arreglo factorial. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza factorial y luego a la prueba de Duncan, ambos casos con nivel de significancia del 5 %. Se utilizó el programa estadístico SPSS versión 25 para Windows.

IV. RESULTADOS

4.1 Crecimiento

El crecimiento en longitud de los camarones cultivados en todos los tratamientos, no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). El crecimiento en peso obtenido con biofloc en cultivo en recipientes y en malla, así como sin biofloc y en recipientes, fueron significativamente ($p < 0.05$) mayores que aquellos sin biofloc y en malla (Tabla 2). El crecimiento en peso se evidenció a partir de los 30 días de cultivo (Fig. 2).

Tabla 2: Parámetros de crecimiento (Media $\pm$ desviación estándar) en longitud, peso y supervivencia de *M. caementarius* cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días.

Parámetros	Agua sin biofloc		Agua con biofloc	
	Recipientes	Malla	Recipientes	Malla
Longitud				
LT inicial (cm)	6.31 $\pm$ 0.14 ^a	6.21 $\pm$ 0.11 ^a	6.26 $\pm$ 0.17 ^a	6.07 $\pm$ 0.10 ^a
LT final (cm)	7.98 $\pm$ 0.12 ^a	7.87 $\pm$ 0.13 ^a	8.12 $\pm$ 0.26 ^a	7.80 $\pm$ 0.10 ^a
GP (%)	26.55 $\pm$ 0.90 ^a	26.75 $\pm$ 0.26 ^a	29.65 $\pm$ 0.93 ^a	28.59 $\pm$ 2.43 ^a
TCA (cm/día)	0.019 $\pm$ 0.002 ^a	0.018 $\pm$ 0.001 ^a	0.021 $\pm$ 0.001 ^a	0.019 $\pm$ 0.001 ^a
TCE (% cm/día)	0.262 $\pm$ 0.008 ^a	0.263 $\pm$ 0.002 ^a	0.288 $\pm$ 0.008 ^a	0.279 $\pm$ 0.009 ^a
Peso				
PT inicial (g)	11.73 $\pm$ 0.41 ^a	11.75 $\pm$ 0.24 ^a	12.13 $\pm$ 0.18 ^a	12.19 $\pm$ 0.26 ^a
PT final (g)	14.95 $\pm$ 0.56 ^{ab}	14.02 $\pm$ 0.13 ^a	16.05 $\pm$ 0.35 ^b	15.87 $\pm$ 0.15 ^b
GP (%)	27.45 $\pm$ 2.05 ^{ab}	19.37 $\pm$ 3.24 ^a	32.27 $\pm$ 1.21 ^b	30.22 $\pm$ 1.75 ^b
TCA (g/día)	0.036 $\pm$ 0.003 ^{ab}	0.025 $\pm$ 0.004 ^a	0.044 $\pm$ 0.002 ^b	0.041 $\pm$ 0.002 ^b
TCE (% g/día)	0.269 $\pm$ 0.02 ^{ab}	0.199 $\pm$ 0.030 ^a	0.311 $\pm$ 0.010 ^b	0.293 $\pm$ 0.015 ^b
Supervivencia	88.89 $\pm$ 0.58 ^a	27.78 $\pm$ 0.58 ^b	27.78 $\pm$ 0.58 ^b	16.67 $\pm$ 0.00 ^c

LT: Longitud total. PT: Peso total. GP: Ganancia porcentual. TCA: Tasa de crecimiento absoluta. TCE: Tasa de crecimiento específica. Datos con letras diferentes en superíndices en una fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$), según la prueba de Duncan.

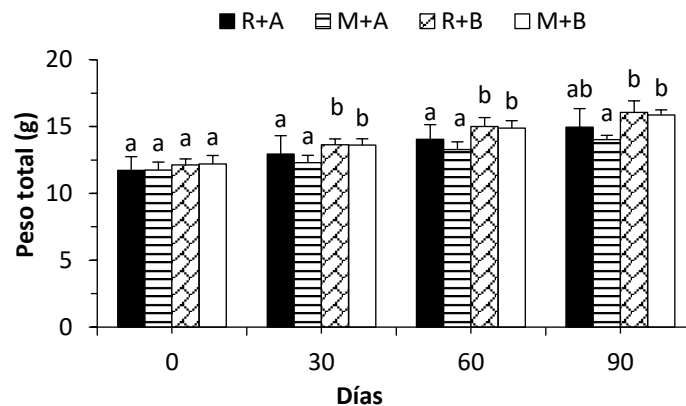


Figura 2. Crecimiento de *M. caementarius* cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($p < 0.05$), durante 90 días.

4.2 Supervivencia

La supervivencia en el tratamiento sin biofloc con recipientes individuales y en agua clara fue significativamente mayor ($p < 0.05$) a los demás tratamientos, pero las mortalidades se observaron a partir de los 60 días de cultivo. En los tratamientos con malla + agua clara, recipientes + biofloc y malla + biofloc, se observó mortalidades a partir de los 30 días, y la supervivencia final fue del 27.78 %, 27.78 % y 16.67 % respectivamente (Fig. 4). Los sólidos sedimentables incrementaron con el tiempo de cultivo (Fig. 5). Los camarones presentaron mortalidad por obstrucción de branquias (Fig. 6) y también fue observado camarones muertos por canibalismo.

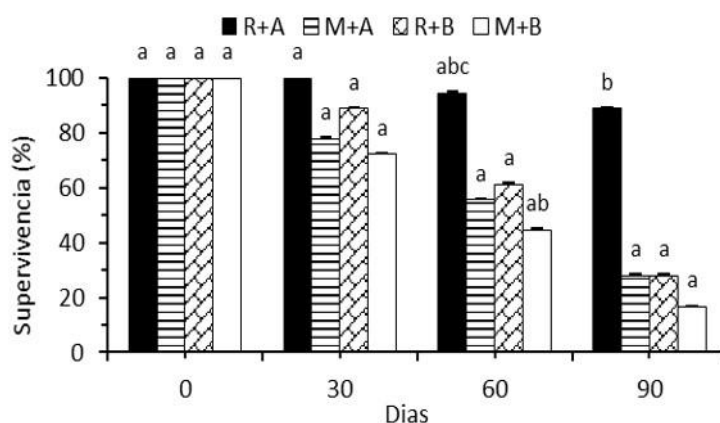


Figura 3. Supervivencia de *M. caementarius* cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($p > 0.05$).

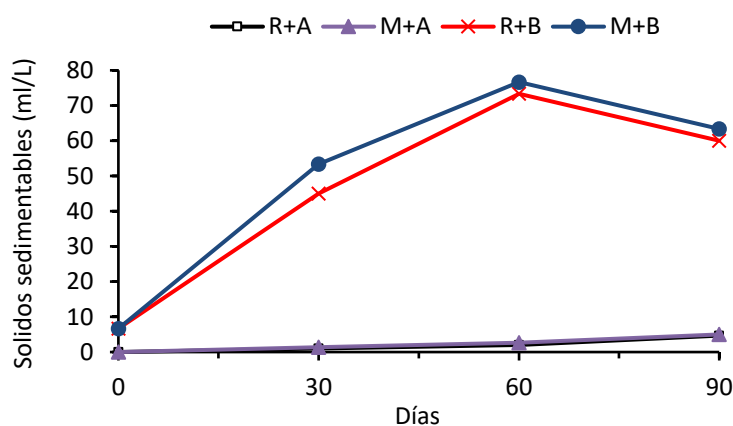


Figura 4. Variación de los sólidos sedimentables (mL/L) durante el cultivo de *M. caementarius* en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas ($p > 0.05$).

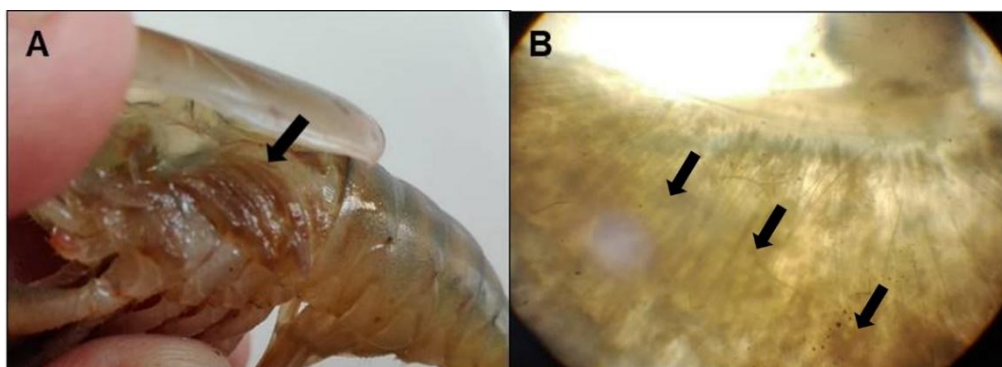


Figura 5. *M. caementarius*. A) Obstrucción de branquias (flecha). B) branquias obstruidas por flóculos observados en microscopio, al final del periodo de cultivo.

4.3 Coloración del cuerpo

Luego de los 90 días de cultivo, los camarones criados sin biofloc presentaron despigmentación corporal (Fig. 5B), a diferencia de los criados en biofloc los cuales mantuvieron su coloración (Fig. 5A).

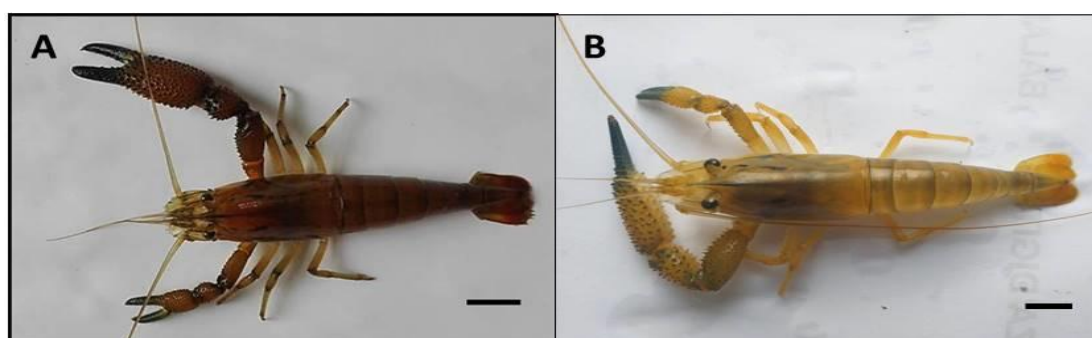


Figura 6. A) Color final del cuerpo de *M. caementarius* cultivados en agua con biofloc. B) Color final del cuerpo de *M. caementarius* cultivados en agua sin biofloc. Barra: 1cm.

4.4 Composición cualitativa del biofloc

En los tratamientos con biofloc se observaron la presencia de diferentes microorganismos como, por ejemplo: rotíferos (*Philodina* sp.), diatomeas (*Navicula* sp.) (Fig. 6), algas clorofitas (*Chlorella* sp), ciliados (*Vorticella* sp, *Paramecium* sp) y nematodos.

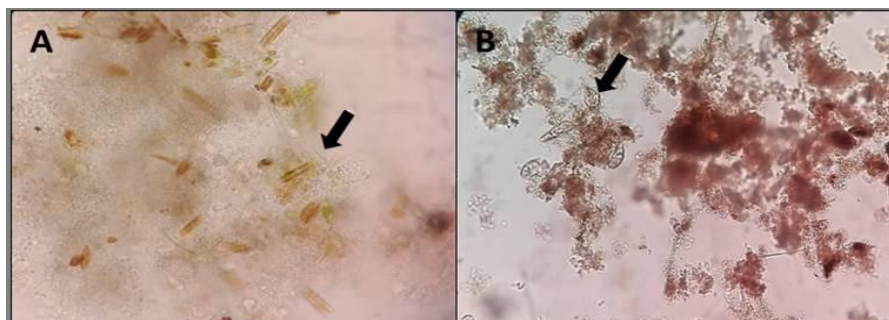


Figura 7. Microorganismos observados en el biofloc. A) Microalgas. B) Rotíferos.

4.5 Calidad del agua

En los tratamientos con biofloc, la cantidad de sólidos sedimentables fue significativamente mayor ($p < 0.05$) a los tratamientos sin biofloc. Los demás parámetros físico y químicos del agua de cultivo de *M. caementarius* no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los diferentes tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3: Parámetros físicos y químicos (Media $\pm$ desviación estándar) del agua de cultivo de *M. caementarius* cultivados en biofloc (agua con y sin biofloc) y en dos sistemas de cultivo (recipientes y malla), durante 90 días.

Parámetros	Agua sin biofloc		Agua con biofloc	
	Recipientes	Malla	Recipientes	Malla
Temperatura (°C)	25.50 $\pm$ 0.19 ^a	26.17 $\pm$ 0.43 ^a	26.00 $\pm$ 0.47 ^a	25.58 $\pm$ 0.50 ^a
Oxígeno (mg/L)	7.60 $\pm$ 0.29 ^a	7.50 $\pm$ 0.28 ^a	7.75 $\pm$ 0.21 ^a	7.41 $\pm$ 0.23 ^a
pH (Unidades)	7.41 $\pm$ 0.05 ^a	7.48 $\pm$ 0.05 ^a	7.76 $\pm$ 0.04 ^{ab}	7.79 $\pm$ 0.10 ^{ab}
Amonio total (mg/L)	0.01 $\pm$ 0.01 ^a	0.01 $\pm$ 0.01 ^a	0.01 $\pm$ 0.01 ^a	0.02 $\pm$ 0.02 ^a
Nitrito (mg/L)	0.67 $\pm$ 0.36 ^a	0.67 $\pm$ 0.47 ^a	0.71 $\pm$ 0.44 ^a	0.71 $\pm$ 0.28 ^a
Nitrato (mg/L)	12.92 $\pm$ 5.83 ^a	12.92 $\pm$ 5.83 ^a	16.25 $\pm$ 4.79 ^a	16.67 $\pm$ 9.72 ^a
Alcalinidad (mg/L)	66.75 $\pm$ 5.68 ^a	69.72 $\pm$ 5.68 ^a	123.12 $\pm$ 5.68 ^{ab}	123.15 $\pm$ 8.85 ^{ab}
SS (mL/L)	1.92 $\pm$ 2.01 ^a	2.25 $\pm$ 2.13 ^a	46.25 $\pm$ 28.81 ^b	50.00 $\pm$ 30.43 ^b

SS: Sólidos sedimentables. Datos con letras diferente en superíndices en una fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$), según la prueba de Duncan.

V. DISCUSIÓN

Los camarones *M. caementarius* cultivados en agua sin biofloc mostraron bajos parámetros de crecimiento en longitud en los dos sistemas de cultivo. En cambio, los mayores parámetros de crecimiento en peso obtenido con biofloc en cultivo en recipientes (GP de 32.27 % y TCE de 0.311 %/día) y en malla (GP de 30.22 % y TCE de 0.293 %/día), y sin biofloc y en recipientes (GP de 27.45 % TCE de 0.269 %/día), evidencian, que el biofloc fue un buen complemento del alimento balanceado proporcionado, que ha permitido que los animales acumulen mayor biomasa. En *M. rosenbergii* (Eilious et al., 2021) y en *L. vannamei* (Panigrahi et al., 2020; Samsuri et al., 2024), el biofloc actúa como fuente adicional de alimento natural ya que posee proteína bacteriana y microorganismos como protozoos, microalgas, rotíferos, cladóceros, copépodos y nematodos. Sin embargo, los parámetros de crecimiento en peso son bajos en relación con lo reportado en cultivo con biofloc en otros crustáceos. En *M. rosenbergii* cultivado en biofloc la TCE fue de 3.91 %/día (Miao et al., 2017) y en *P. vannamei* la TCE fue de 2.42 %/día (Hosseini et al., 2025).

En el tratamiento del cultivo de *M. caementarius* en agua sin biofloc con malla la supervivencia fue baja (27.78 %) y se debió al canibalismo, lo que se corrobora lo indicado previamente que los camarones machos de esta especie son agresivos (Reyes-Avalos, 2016). Igualmente, Escobar et al. (2017) reporta que obtuvo supervivencia del 20 % debido al canibalismo, lo que es evidencia de la reputación agresiva de los machos de la especie. En cambio, en los camarones *M. caementarius* cultivados en agua con biofloc y con malla, la supervivencia fue aún más baja (16.67 %) que, aunado al canibalismo, a la alta cantidad de sólidos sedimentables (50 mL/L) que formó flóculos en la columna del agua y en el fondo de los acuarios, afectaron a las branquias de los camarones.

Los sólidos sedimentables (46.25 mL/L) del tratamiento con biofloc y con recipientes también afectaron la supervivencia (27.78 %) de los camarones debido a la obstrucción branquial de los camarones por el exceso de sólidos sedimentables acumulados dentro de los recipientes, como ha sido reportado en *L. vannamei* cuando fue cultivado en biofloc (Huang et al., 2022). En la investigación, en los tratamientos con biofloc el volumen de flóculos está por encima de recomendado para camarones que es de 5-15 mL/L (Emerenciano et al., 2017; Eilious et al., 2021), por lo que es necesario experimentar con menor proporción de C/N hasta encontrar el manejo apropiado del biofloc. Además del exceso de flóculos, el diseño de los recipientes individuales no permitió la circulación correcta evacuación de los sólidos sedimentables, lo que contribuyó con la obstrucción de las branquias de los camarones. El

incremento excesivo de biofloc podría contribuir al consumo de oxígeno por las bacterias presentes o a la oclusión de las branquias (Emerenciano et al., 2017; Eilious et al., 2021).

Además, en los tratamientos con biofloc la relación C/N probablemente sea muy elevada cuando se cultiva en recipientes individuales, pues la cantidad de flóculos aumenta de manera constante durante el periodo de cultivo y también hubo baja población de camarones, como lo reportado en *M. rosenbergii* donde hubo baja capacidad de consumo de los flóculos (Asaduzzaman et al., 2008). Por eso es muy importante controlar los niveles de sólidos suspendidos en el biofloc (Emerenciano 2012), ya que puede causar efectos negativos como el aumento de la demanda bioquímica de oxígeno y obstrucción de las branquias (Ray et al., 2010; Ferreira et al., 2015; Huang et al., 2022).

Por otro lado, la adición de melaza como fuente de carbono y la manipulación de la relación C/N, estimuló la maduración e incremento del biofloc, el cual logró reducir las concentraciones de amoníaco (0.02 mg/L) en el sistema, lo que podría deberse probablemente al metabolismo de las bacterias presentes en el biofloc. Esto concuerda con los descritos por Avnimelech (1999), Asaduzzaman et al. (2008) y Okomoda et al. (2022) los cuales mencionan que la manipulación de la relación C/N por adición de carbohidratos reduce significativamente las concentraciones de amonio y amoníaco dentro del sistema de producción acuícola. Además, los microorganismos fotoautótrofos asociados a los bioflocs, también pueden eliminar amoníaco del agua para usarlo como nutriente en su metabolismo (Martinez-Porchasa et al., 2020). Los parámetros físicos y químicos del agua fueron similares a los reportados para *M. caementarius* (Reyes-Avalos, 2016; Terrones y Reyes, 2018; Mendez et al., 2021) a excepción de los sólidos sedimentables en los tratamientos con biofloc, ya que mostraron crecimiento elevado a partir del primer mes de cultivo.

La presencia de microalgas y protozoarios en el agua con biofloc es indicador de alimento natural. El biofloc está formado por bacterias heterótrofas, hongos, rotíferos, algas y protozoos (Castro-Nieto et al 2012; Manan et al., 2016; Khoa et al., 2020). Los protozoos y las bacterias abundan en el biofloc y son los que reciclan la materia orgánica (Emerenciano et al., 2012; Emerenciano et al., 2017; Huu et al., 2021). En los camarones cultivados con biofloc, el color del cuerpo de los animales fue más oscuro que aquellos cultivados sin biofloc. Estos resultados sugieren que el biofloc aporta con pigmentos naturales para el color del cuerpo de los camarones. Recientemente se ha reportado que *M. caementarius* acumular carotenoides en su cuerpo (Fuentes et al., 2021). En *M. rosenbergii*, se logra mantener su pigmentación corporal, debido a los carotenoides del biofloc (Miao et al., 2017).

VI. CONCLUSIONES

- Los parámetros de crecimiento en longitud fueron similares entre todos los tratamientos.
- Los mayores parámetros de crecimiento en peso fueron obtenidos en el cultivo con biofloc en recipientes (GP de 32.27 % y TCE de 0.311 %/día) y en malla (GP de 30.22 % y TCE de 0.293 %/día), y sin biofloc y en recipientes (GP de 27.45 % TCE de 0.269 %/día)
- La supervivencia de *M. caementarius* fue de 27.78 % en aquellos cultivados en agua con biofloc y con malla, así como con agua con biofloc y en recipientes, pero fue de 16.67 % en agua con biofloc con malla. La mayor supervivencia fue significativamente mayor (88.89 %) cuando fue cultivado en agua sin biofloc y en recipientes.

VII. RECOMENDACIONES

- Es conveniente mejorar el diseño del sistema de recipientes individuales mediante agujeros en la base para facilitar la evacuación de los sólidos sedimentables.
- Se recomienda emplear menor proporción de C/N ($< 20/1$), para reducir la producción de flóculos y que no afecte la supervivencia del camarón.
- La tecnología de biofloc requiere mayor investigación con el camarón para asegurar mayor rendimiento productivo y supervivencia.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AftabUddin S., Mohammad A., Sein A., Kumar P., Md. Rashed-Un-Nabi & Md. Haque A. (2020). First use of biofloc technology for *Penaeus monodon* culture in Bangladesh: Effects of stocking density on growth performance of shrimp, water quality and bacterial growth, *Aquaculture Reports*. 18: 100518. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100518>
- Asaduzzaman M., Wahab M.A., Verdegem M.C.J., Huque S., Salam M.A. & Azim M.E. (2008). C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280: 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.019>
- Avnimelech, Y. (1999). Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227-235. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
- Ballester E. L. C., Wasielesky, W., Cavalli, R. O., & Abreu, P. C. (2007). Nursery of the pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in cages with artificial substrates: Biofilm composition and shrimp performance. *Aquaculture*, 269(1), 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.003>
- Ballester E., Abreu P., Cavalli R., Emerenciano M., De Abreu L. & Wasielesky W. 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*. 16:163-172. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2009.00648.x>
- Ballester L., Agatha S., Silva C., Frozza A., Pastore I. & Abreu P. (2017). Productive performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. *Aquaculture Research*, 48: 4748–4755. <https://doi.org/10.1111/are.13296>
- Bessa Junior AP, Azevedo CMSB, Pontes FST, Henry-Silva GG. (2012). Polyculture of Nile tilapia and shrimp at different stocking densities. *R Bras Zootec* 41: 1561-1569. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000700002>
- Burford M., Thompson P., McIntosh R., Bauman R. & Pearson D. (2004). The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. *Aquaculture* 232: 525-537. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00541-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00541-6)

- Calvo NS., Tomas AL., López-Greco LS. (2013). Influencia de la disposición espacial y la superficie de refugios sobre la supervivencia y crecimiento de juveniles de *Cherax quadricarinatus* (Parastacidae) y su aplicación al cultivo intensivo. Lat. Am. J. Aquat. Res., 41(4): 732-738. <https://doi.org/103856/vol41-issue4-fulltext-9>
- Cardona E., Lorgeoux B., Geffroy C., Richard P., Saulnier D., Gueguen Y., Guillou G. & Chim L. (2015). Relative contribution of natural productivity and compound feed to tissue growth in blues hrimp (*Litopenaeus stylirostris*) reared in biofloc: Assessment by C and N stable isotope ratios and effect on key digestive enzymes. Aquaculture, 448: 288–297. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.035>
- Castro-Nieto LM, Castro–Barrera T, De Lara-Andrade R, Castro-Mejía J & Castro-Mejía G. (2012). Biofloc systems in aquaculture Biofloc systems: a technological break through in aquaculture. Revista Digital del Departamento El Hombre y su Ambiente. 1: 1-5.
- Castro L.F., Pinto R.C.C, Nunes A.J.P. (2021). Nutrient value and contribution of microbial floc to the growth performance of juvenile shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed fatty acid and amino acid-restrained diets under a zero-water exchange intensive system. Aquaculture, 531: 735789. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735789>
- Chen Z., Chang Z., Wang J., Liu Y., Chen S. & li J. (2021). Water quality, microbial community and shrimp growth performance of *Litopenaeus vannamei* culture systems based on biofloc or biofilters. Aquaculture Research. 52: 6656-6666. <https://doi.org/10.1111/are.15535>.
- Crab R., Chielens B., Wille M., Bossier P. & Verstraete W. (2010). The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. Aquaculture Research, 41: 559–567. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02353.x>
- De Schryver P, R Crab, T Defoirdt, N Boon & W Verstraete. (2008). The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. Aquaculture 277: 125-137. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019>
- Deasy A., Syahid A., Fatin M. Natrah I., Widanarni W., Pande G. & Ekasari J. (2021). Evaluation of *Chlorella* sp. and *Ankistrodesmus* sp. addition on biofloc system performance in giant prawn culture. Aquaculture Research. 52: 6052-6062. <https://doi.org/10.1111/are.15466>

- Dorothy M.S., Vungarala H., Sudhagar A., Reddy A.K. & Asanaru B. (2021). Growth, body composition and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juveniles reared at different stocking densities in the biofloc system using inland saline groundwater. *Aquac. Res.*, 52: 6299-6307. <https://doi.org/10.1111/are.15493>
- Drengstig A., Bergheim A. (2013). Commercial land-based farming of European lobster (*Homarus gammarus* L.) in recirculating aquaculture system (RAS) using a single cage approach. *Aquacultural Engineering*. 13: 53: 14-18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.007>
- Ebeling, J., Timmons, M., Bisogni, J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*. 257 (1), 346-358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- Eilious Md., Nurul S.M., Arshad A., Salleh M. & Karim M. (2021). Effects of carbon sources on the culture of giant river prawn in biofloc system during nursery pase. *Aquaculture Reports*, 19: 100607. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100607>
- Ekasari J., Rivandi DR., Firdausi AP, Surawidjaja E., Zairin M., Bossier P. & Schryver P. (2015). Biofloc technology positively affects Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) larvae performance. *Aquaculture*. 441:72–77. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.02.019>
- Eilious Md., Nurul S.M., Arshad A., Salleh M. & Karim M. (2021). Effects of carbon sources on the culture of giant river prawn in biofloc system during nursery pase. *Aquaculture Reports*, 19: 100607. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100607>
- Emerenciano, M., Martínez-Cordova, L., Martínez-Porchas, M., Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc Technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. In *Water Qual.* Edited by Hlanganani Tutu. 91–109.
- Emerenciano M., Cuzon G., Goguenheim J., Gaxiola G. & AQUACOP. (2011). Floc contribution on spawning performance of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. *Aquacult. Research*, 44: 75-85. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.03012.x>
- Emerenciano M., Wasielesky W., Soares R.B., Ballester E.C., Izeppi E.M. & Cavalli R.O. (2007). Crescimento e sobrevivência do camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase de bercário em meio heterotrófico. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 29: 1-7.

- 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). Aquacult. Research. 43: 447–457. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02848.x>
- Escobar C., Pachamoro M. y Reyes W. (2017). Supervivencia y crecimiento de machos del camarón de río *Cryphiops caementarius* Molina, 1782 (Crustacea, palaemonidae) expuestos a salinidades. Ecología Aplicada, 16(2): 75-82. Doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1010>
- Ferreira L.M.H., Lara G., Wasielesky W. & Abreu P.C. (2015) Biofilm versus biofloc: are artificial substrates for biofilm production necessary in the BFT system? Aquaculture International 24: 921–930. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9961-0>
- Ferreira G., Santos D., Schmachtl F., Machado C., Fernandes V., Bögner M., Schleder D., Seiffert W. & Vieira F. (2021). Heterotrophic, chemoautotrophic and mature approaches in biofloc system for Pacific white shrimp. Aquaculture. 533: 736099. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736099>
- Foissner W., Berger H., Blatterer H., Kohmann F. (1992), Taxonomische und ökologische revision der ciliaten des saprobiensystems. Band II: Informations berichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. https://www.wfoissner.at/data_prot/Foissner_etal_1991_1-478.pdf
- García-Ulloa M., Pinzón L. (2012). Efecto de diversos sustratos artificiales en el crecimiento y supervivencia de estadios tempranos de lalangosta azul (*Cherax quadricarinatus*) cultivados en un sistema de recirculación. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 13(3): 1-16.
- Gustilatov M., Widanarni W., Ekasari J., Julyantoro P., Waturangi D. (2023). Biofloc system supplemented by *Pseudoalteromonas piscicida* 1Ub protects the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* from *Vibrio parahaemolyticus* infection. Aquaculture and Fisheries, 9(6): 967-974. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.05.003>
- Hosain E., Amin N., Salleh M., Arshad A., Karim M. & Romano N. (2021). Effect of salinity on growth, survival, and proximate composition of *Macrobrachium rosenbergii* post larvae as well as zooplankton composition reared in a maize starch based biofloc system. Aquaculture, 533: 736235. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736235>

- Hossein M., Eslami J.& Emerenciano M. (2025). Wheat flour as carbon source on water quality, growth performance, hemolymph biochemical and immune parameters of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) juveniles in biofloc technology (BFT). *Aquaculture Reports*. 40: 102623. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102623>
- Huang H.H., Liao H.M., Lei Y.J., Yang P.H. (2022). Effects of different carbon sources on growth performance of *Litopenaeus vannamei* and water quality in the biofloc system in low salinity. *Aquaculture*. 546: 737239. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737239>
- Huang H.-H., Li C.-Y., Song Y., Lei Y.-J., and Yang P.-H., 2022. Growth performance of shrimp and water quality in a freshwater biofloc system with a salinity of 5.0‰: effects on inputs, costs and wastes discharge during grow-out culture of *Litopenaeus vannamei*, *Aquacultural Engineering*. 98. 102265. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.102265>
- Huu T., Adeiza T., Kokou F., Ngoc T., Schrama J., Verreth J. & Verdegem M. (2021). Effects of carbohydrate addition methods on Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 543: 102325. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736890>
- Huu T., Kokou F., Ngoc T., Verreth J. & Verdegem M. (2023). Effects of feed, carbohydrate addition and stocking density on Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production. *Aquacultural Engineering*. Volume 101. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2023.102325>
- Ibarra E., Llanes J. & Rodríguez B. (2019). Nutritional characterization of biofloc developed with water from the Ecuadorian Pacific for growing *Litopenaeus vannamei*. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 53 (4).
- Kalidas, C., Linga, D., Ranjith, L., Kavitha, M., & Vimalkumaran, S. (2020). Portunid crab fattening in indigenous re-circulatory cellular units: a sensitivity analysis. *J. Exp. Zool. India* 23(2): 1771-1781.
- Khanjani M., da Silva L., Foes G., Vieira F., Do N., Poli M., Santos M. & Emerenciano M. (2023). Synbiotics and aquamimicry as alternative microbial-based approaches in intensive shrimp farming and biofloc: Novel disruptive techniques or complementary management tools? A scientific-based overview. *Aquaculture*. 567. (739273). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739273>

- Khoa, T.N.D., Tao, C.T., Van Khanh, L., Hai, T.N. (2020). Super-intensive culture of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in outdoor biofloc systems with different sunlight exposure levels: emphasis on commercial applications. *Aquaculture* 524, 735277. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735277>
- Kumar V., Pandey P., Anand T., Bhuvaneswari G., Dhinakaran A. & Kumar S. (2018). Biofloc improves water, effluent quality and growth parameters of *Penaeus vannamei* in an intensive culture system. *Journal of Environmental Management*. 215: 206 – 215. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.015>
- Kumar S., Anand P., De D., & Ghoshal T., & Alavandi S. & Vijayan KK. (2019). Integration of substrate in biofloc based system: Effects on growth performance, water quality and immune responses in black tiger shrimp, *Penaeus monodon* culture. *Aquaculture Research*. 50: 2986-2999. <https://doi.org/10.1111/are.14256>
- Kumar V., Roy S., Behera B.K., Swain H.S., Das B.K., (2021). Biofloc microbiome with bioremediation and health benefits. *Front. Microbiol.* 12, 741164. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.741164>
- Lee Ch., Kim S., Lim S. & Lee K. (2017). Supplemental effects of biofloc powder on growth performance, innate immunity, and disease resistance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Fisheries and Aquatic Sciences*. 20:15. <https://doi.org/10.1186/s41240-017-0059-7>
- Li Z., Du Q., Jiao T., Zhu Z., Wan X., Ju C., Liu H., Li Q. (2024). Effects of probiotic supplementary bioflocs (*Rhodospirillum rubrum*, *Bacillus subtilis*, *Providencia rettgeri*) on growth, immunity, and water quality in cultures of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*. 591: 741141. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741141>
- Liu G., Ye Z., Liu D & Zhu S. (2018). Inorganic nitrogen control, growth, and immune physiological response of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a biofloc system and in clear water with or without commercial probiotic. *Aquaculture International*. 26: 981–999. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0263-1>
- Manan H., Zhong J., Azman N., Suratman S. & Ikhwanuddin M. (2016). Identification of biofloc microscopic composition as the natural bioremediation in zero water exchange of Pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*, culture in closed hatchery system. *Applied Water Science*. 7: 2437–2446. <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0421-4>

- Manor, R., Segev, R., Pimenta, M., Aflalo, E.D. and Sagi, A. (2002). Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture II. Growout in a separate cell system. *Aquaculture Engineering* 26: 263-276. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(02\)00035-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(02)00035-3)
- Martinez-Porchasa M., Ezquerra-Brauerb M., Mendoza-Canoc F., Chan J., Vargas-Alborea F. & Martinez-Cordova L. (2020). Effect of supplementing heterotrophic and photoautotrophic biofloc, on the production response, physiological condition and post-harvest quality of the whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports* 16: 100257. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100257>
- Medeiros M.,a, Aubin J. & Camargo A. (2017). Life cycle assessment of fish and prawn production: Comparison of monoculture and polyculture freshwater systems in Brazil. *Journal of Cleaner Production* 156: 528-537. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.059>
- Megahed, M. (2010). The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *J. Arab. Aquac. Soc.* 5 (2), 119-142.
- Megahed, M.E., Elmesiry, G., Ellithy, A. (2018). Genetic, nutritional and pathological investigations on the effect of feeding low protein diet and biofloc on growth performance, survival and disease prevention of Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. *Aquaculture International*. 26: 589-615. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0231-1>
- Mendez, C., Morales, M., Merino, G. (2021). Settling velocity distribution of bioflocules generated with different carbon sources during the rearing of the river shrimp *Cryphiops caementarius* with biofloc technology. *Aquac. Eng.* 93. 102157. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2021.102157>
- Méndez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín Instituto del Mar Perú* 5: 1-170. [Internet], [12 abril 2021]. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1028>
- Miao S., Hu J., Wan W., Han B, Zhou Y., Xin Z, Sun L. (2020). Biofloc technology with addition of different carbon sources altered the antibacterial and antioxidant response

- in *Macrobrachium rosenbergii* to acute stress. *Aquaculture* 525: 735280. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735280>
- Miao S., Sun L., Bu H., Zhu J. & Chen G. (2017). Effect of molasses addition at C:N ratio of 20:1 on the water quality and growth performance of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Aquaculture International*. 25: 1409–1425. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0124-3>
- Moscoso V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol. Inst. Mar Perú. 27(1-2): 8-207. [Internet], [12 abril 2021]. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2190>
- Mugwanya, M., Dawood, M. A. O., Kimera, F., & Sewilam, H. (2022). A review on recirculating aquaculture system: Influence of stocking density on fish and crustacean behavior, growth performance, and immunity. *Annals of Animal Science*, 22(3), 873–884. <https://doi.org/10.2478/aoas-2022-0014>
- Muhamad G., Widanarni W., Ekasari J., G. de Sasmita P. & Waturangi D. (2024). Biofloc system supplemented by *Pseudoalteromonas piscicida* 1Ub protects the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* from *Vibrio parahaemolyticus* infection. *Aquaculture and Fisheries*. 9: 967-974. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.05.003>
- Nunes N., De Holanda D., Nogueira P. & Vinícius M. (2015). Feeding Nile tilapia with artificial diets and dried bioflocs biomass. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37: 335-341. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i4.27043>
- Okomoda V.T., M. Ikhwanuddin, A.S. Oladimeji, M. Najiah, K.I. Alabi, A.I. Abd Salam, I. Jauhari & N.A. Kasan. (2022). Rearing water quality and zootechnical parameters of *Litopenaeus vannamei* in rapid Biofloc® and conventional intensive culture system. *Journal of King Saud University – Science*. 34: 101729. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101729>
- Panigrahi, A., Saranya, C., Sundaram, M., Kannan, S.V., Das, R.R., Kumar, R.S., Otta, S.K. (2018). Carbon: Nitrogen (C: N) ratio level variation influences microbial community of the system and growth as well as immunity of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc based culture system. *Fish Shellfish Immunol*. 81, 329–337. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fsi.2018.07.035>

- Panigrahi, A., Sundaram, M., Saranya, C., Kumar, R.S., Dayal, J.S., Saraswathy, R., Saraswathy, R., Otta, S.K., Shyne Anand, P.S., Nila Rekha, P., Gopal, C. (2019). Influence of differential protein levels of feed on production performance and immune response of pacific white leg shrimp in a biofloc–based system. *Aquaculture* 503, 118–127. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.036>
- Panigrahi A., Saranya C., Ambiganandam K., Sundaram M., Sivakumar M.R., Kumaraguru Vasagam K.P. (2020). Evaluation of biofloc generation protocols to adopt high density nursery rearing of *Penaeus vannamei* for better growth performances, protective responses and immuno modulation in biofloc based technology. *Aquaculture*. 522: 735095. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735095>
- Parnes, S. & A. Sagi. (2002). Intensification of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* culture I. Hatchery and nursery system. *Aquacult. Eng.*, 26: 251-262.
- Pérez-Fuentes J., Pérez-Rostro C. & Hernández M. (2013). Pond-reared Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii* with the biofloc system. *Aquaculture* 400: 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.02.028>
- PRODUCE. (2019). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2018. [Internet], [15 mayo 2021]. Disponible en: <https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oeedocumentos-publicaciones/publicaciones-anuales/item/901-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2018>
- Ray AJ, Lewis BL, Browdy BL, Leffler JW. (2010) Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture* 299:89–98. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.021>
- Reyes, W.E. (2011). Growth, reproduction and survival of river prawn females *Cryphiops caementarius* in raised individual containers. *Sciéndo* 14(1-2): 75-86.
- Reyes-Avalos, W. (2016). Effect of culture container on the survival and growth of male *Cryphiops caementarius* in individualized systems. *Revista Bio Ciencias* 3(4): 311-325. <https://doi.org/10.15741/revbio.03.04.06>
- Saeedi K., & Maheen N. & Sharafat A. (2024). The future of biofloc development techniques for aquaculture: A comprehensive review of current scenarios and potential

improvements. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries. 28. 769-791. DOI: 10.21608/ejabf.2024.380429

- Samsuri E., Ganesan P., Jauhari I., Tan G. & Hamad F. (2024). Reusing biofloc-culture water and microbubble aeration for culturing the white-leg shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture and Fisheries. 50603. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2024.04.010>
- Samocha, T., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D.L. (2007). Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. Aquacultural Engineering. 36 (2), 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.10.004>
- Souza J., Cardozo A., Wasielesky W., Jr., & Abreu P. C. (2019). Does the biofloc size matter to the nitrification process in Biofloc Technology (BFT) Systems? Aquaculture, 500, 443–450. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.051>
- Terrones, S., Reyes, W. (2018). Effect of diets with biological silage of mollusk residues on the growth of shrimp *Cryphiops caementarius* and tilapia *Oreochromis niloticus* in intensive co-culture. Sci. Agropecu. 9, 167–176. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.01>
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M. (2010). Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures. 401 - 2010
- Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J. (2002). Recirculating Aquaculture Systems, 2nd Edition. Cayuga Aqua Ventures, New York. 769 pp.
- Thompson F., Abreu P. & Wasielesky W. (2002). Importance of biofilm for water quality and nourishment in intensive shrimp culture. Aquaculture. 203: 263-278. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00642-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00642-1)
- Torres-Lagos E., Henríquez-Castillo C., Méndez C., Morales M., Cárcamo C., Navarrete P., Schmitt P. & Brokordt K. (2024). Biofloc culture system shapes the structure and function of environmental and intestinal bacterial communities in the river prawn *Cryphiops caementarius*. Aquaculture Reports. 39: 102359. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102359>

- Viacava M., Aitken R. & Llanos J. (1978). Estudio del camarón en el Perú 1975 - 1976. Bol. Inst. Mar del Perú, Vol. 3, N° 5.
- Wasielesky W, Atwood H, Stokes A, Browdy CL. (2006). Effect of natural production in a zero-exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 258: 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.04.030>
- Xu W., Morris T. & Samocha T. (2016). Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero exchange, outdoor tank system. Aquaculture, 453: 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.021>
- Yun L, Yu Z, Li Y, Luo P, Jiang X, Tian Y. & Ding X. (2019) Ammonia nitrogen and nitrite removal by a heterotrophic *Sphingomonas* sp. strain LPN080 and its potential application in aquaculture. Aquaculture 500: 477-484. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.054>
- Zacarías S, Yépez V. (2015). Camarón de río *Cryphiops caementarius* (Molina, 1782) en la costa centro-sur del Perú, 2007. Inf Inst Mar Perú 42(3): 398-415. [Internet], [15 mayo 2021]. Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2989>
- Zapata k., Brito l., De Lima P., Vinatea L., Gálvez A. & Cárdenas J. (2017). Cultivo de alevines de tilapia en sistema biofloc bajo diferentes relaciones carbono/nitrógeno. B. Inst. Pesca, São Paulo, 43(3): 399 – 407. <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2017v43n3p399>
- Zimmermann, S., Kiessling, A., & Zhang, J. (2023). The future of intensive tilapia production and the circular bioeconomy without effluents: Biofloc technology, recirculation aquaculture systems, bio-RAS, partitioned aquaculture systems and integrated multitrophic aquaculture. Reviews in Aquaculture, 15(S1), 22–31. <https://doi.org/10.1111/RAQ.12744>

VII. ANEXOS



Anexo 1: A) Ubicación de captura de *M. caementarius*. B) Recipientes individuales para transporte de *M. caementarius*. C) Sistema completo de transporte de *M. caementarius*.



Anexo 2: A) Sistemas de cultivo de *M. caementarius* y biometría. B) Longitud de *M. caementarius*. C) Peso de *M. caementarius*.