



Universidad Veracruzana

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica-Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

“Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos de *Macrobrachium acanthurus* (Wigmann, 1836) cultivado en Biofloc”

Tesis para obtener el grado de Maestro en
Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

Presenta:

Biol. Mar. Daniel Cortez Lara

Director del trabajo de grado:

Dr. Eduardo Alfredo Zarza Meza

Asesor:

Dr. Rodrigo Cuervo González

Abril del 2022

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz a 4 de diciembre del 2021

Mtro. Agustín de Jesús Bazáñez
Coordinador de la Maestría
Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros
FCB y A Región Poza Rica-Tuxpan
Universidad Veracruzana
P r e s e n t e

Por este conducto me permito informarle que se revisó la tesis de Maestría del C. Biol. Mar. Daniel Cortez Lara “**Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos de *Macrobrachium acanthurus* (Wigmann, 1836) cultivado en Biofloc**

Por lo cual no existe inconveniente para turnar el mencionado trabajo a la comisión revisora para los efectos procedentes.

Aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo

A t e n t e m e n t e



Dr, Eduardo A. Zarza Meza

Director de Tesis



Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz a 22 de marzo de 2022

Mtro. Agustín de Jesús Basáñez Muñoz

**Coordinador
Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Región Poza Rica-Tuxpan
Universidad Veracruzana**

A través de este conducto quiero expresarle mi entera aprobación de la tesis titulada: **“Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos de *Macrobrachium acanthurus* (Wigmann, 1836) cultivado en Biofloc”** realizada por el C. **Biol. Mar. Daniel Cortez Lara**, bajo la Dirección del **Dr. Eduardo A. Zarza Meza**. Por lo anterior, extiendo la presente Carta de Liberación para que de esta manera el egresado pueda continuar con el proceso de titulación del posgrado.

Atentamente

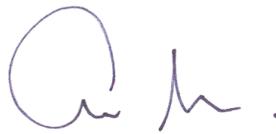
DR. ASCENCIÓN CAPISTRÁN BARRADAS
PTC Titular “C”
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Región Poza Rica-Tuxpan

Navojoa, Sonora, 20 de enero de 2022

A quien corresponda.

Por este medio comunico mi aprobación de la tesis de Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros titulada “Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos de *Macrobrachium acanthurus* (Wigmann, 1836) cultivado en Biofloc”, presentada por el Biol. Mar. Daniel Cortez Lara.

Atentamente



Dr. Anselmo Miranda Baeza
Profesor Titular 5; Universidad Estatal de Sonora
(anselmo.miranda@ues.mx)

Samborondón 17 de marzo del 2022

A quien corresponda.

Por este medio comunico mi aprobación de la tesis de Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros titulada "Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos de *Macrobrachium acanthurus* (Wigmann, 1836) cultivado en Biofloc", presentada por el Biol. Mar. Daniel Cortez Lara.

Atentamente

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'René Oscar Rodríguez Grimón', is written over a horizontal line.

Dr. René Oscar Rodríguez Grimón
Director Escuela de Ciencias Ambientales – UEES
rrodriguez@uees.edu.ec

Universidad Veracruzana

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica-Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

“Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos de *Macrobrachium acanthurus* (Wigmann, 1836) cultivado en Biofloc”

Tesis para obtener el grado de Maestro en
Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

Presenta:

Biol. Mar. Daniel Cortez Lara

Director del trabajo de grado:

Dr. Eduardo Alfredo Zarza Meza

Asesor:

Dr. Rodrigo Cuervo González



AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por apoyarme con los recursos requeridos para llevar a cabo esta investigación y a la UNIVERSIDAD VERACRUZANA por haberme abierto las puertas y brindado la oportunidad de cursar los estudios de maestría.

A mi director de tesis, el Dr. Eduardo Alfredo Zarza Meza, por su apoyo personal y profesional para desarrollar este trabajo de investigación, a mi asesor el Dr. Rodrigo Cuervo González por los consejos brindados durante el desarrollo de los ensayos experimentales, así como también al Dr. Anselmo Miranda Baeza por el apoyo técnico y conocimientos compartidos para la realización del Biofloc.

Agradezco a los revisores del trabajo de investigación; Dr. Ascención Capistrán Barradas, Dr. Anselmo Miranda Baeza y Dr. René Oscar Rodríguez Grimón por sus puntuales y valiosas sugerencias para mejorar el trabajo de investigación. Así como también a los investigadores, docentes y personal de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias por brindar su apoyo y valiosos conocimientos durante mi estancia como estudiante.

A ti Dios por prestarme vida y guiarme en mi camino, ya que sin ti nada de esto fuese posible. A mis padres por darme la vida, apoyarme, quererme y guiarme por un buen camino, y a ti hermano por ser mi compañero y amigo.

Te agradezco infinitamente a ti hermanita, porque desde el cielo me cuidas, proteges y siempre estás conmigo.

A ti Michele Villaseñor, gracias por tu amor, apoyo incondicional, consejos y por haber sido parte de mi vida y de este gran proyecto.

A todos y cada uno de mis compañeros de la Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros, así como a las valiosas amistades que surgieron gracias a la compañía y convivencia durante todo este tiempo, a pesar del distanciamiento por la pandemia de Covid-19.

¡MIL GRACIAS A TODOS!!!!

DEDICATORIAS

A mis padres, hermano y seres queridos que ya no se encuentran junto a mí pero que sin duda siempre estarán presentes en mi mente y corazón. Para ti hermanita “Te quiero y extraño mucho”.



ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	9
II. ANTECEDENTES	12
III. HIPÓTESIS	16
IV. OBJETIVOS	16
4.1 Objetivo general.....	16
4.2 Objetivos particulares.....	16
V. MATERIAL Y MÉTODOS	17
5.1 Ubicación e instalaciones de cultivo.....	17
5.2 Captura, manejo y aclimatación de organismos.....	18
5.3 Diseño experimental.....	18
5.3.1 Primer ensayo (Tanques divididos)	19
5.3.2 Segundo ensayo (Tanques individuales).....	19
5.4 Desempeño productivo.....	19
5.5 Preparación del Biofloc.....	19
5.6 Alimentación	20
5.7 Calidad del agua	20
5.8 Análisis estadísticos.....	20
VI. RESULTADOS	21
6.1 Primer Ensayo (Tanques divididos).	21
6.1.1 Parámetros físicos y químicos	21
6.1.2 Parámetros productivos.....	24
6.2 Segundo ensayo (Tanques individuales).	30
6.2.1 Parámetros físicos y químicos	30
6.2.2 Parámetros productivos.....	33

VI. DISCUSIÓN	38
7.1 Parámetros fisicoquímicos	38
7.1.1 Temperatura y oxígeno disuelto.....	38
6.2.3 pH y amonio total (NH ₄).....	39
7.2 Parámetros productivos	40
7.2.1 Peso Final (g).....	40
7.2.2 Ganancia en peso (g).	40
7.2.3 Tasa de crecimiento semanal (g/sem).	41
7.2.4 Biomasa Final (g).	42
7.2.5 Supervivencia (%).	42
7.2.6 Sólidos Sedimentables (ml/L) y composición del Biofloc.	43
VIII. CONCLUSIONES	44
IX. APLICACIÓN PRÁCTICA	46
X. REFERENCIAS	47



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquematación del diseño de los tanques de cultivo. Tanques primer ensayo (A y B). Tanques segundo ensayo (C y D).	17
Figura 2. Captura (A) y aclimatación de postlarvas (B).....	18
Figura 3. Maduración del biofloc.	20
Figura 4. Variación de la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (OD) en los tratamientos; (T1=60), (T2=120), (T3=180) y (T4=240 org/m ³) durante los 98 días de cultivo.....	22
Figura 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura y el oxígeno disuelto	23
Figura 6. Variación del pH y amonio total (NH ₄) en los tratamientos; (T1=60), (T2=120), (T3=180) y (T4=240 org/m ³) durante los 98 días de cultivo.....	25
Figura 7. Tasa de crecimiento semanal en los tratamientos; (T1=60), (T2=120), (T3=180) y (T4=240 org/m ³) durante 14 semanas de cultivo.....	27
Figura 8. Coeficiente de correlación de Pearson entre la tasa de crecimiento y la temperatura.....	27
Figura 9. Sólidos sedimentables (SS) en los diferentes tratamientos (T1= 7 ml/L), (T2= 9 ml/L), (T3= 10 ml/L) y (T4= 11 ml/L) durante 14 semanas de cultivo.....	28
Figura 10. Microorganismos encontrados en biofloc. Rotíferos (T1), <i>Acanthocystis sp</i> (T2), nematodo y rotífero (T3) <i>Paramecium sp</i> (T4) durante 14 semanas de cultivo.	29
Figura 11. Variación de la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (OD) durante los 56 días de cultivo.	31

Figura 12. Variación del pH y amonio total (NH_4) durante los 56 días de cultivo.....	32
Figura 13. Tasa de crecimiento semanal de los organismos en los tratamientos T1: (120 org/m^3); T2: ($240 \text{ organismos/m}^3$) durante las 8 semanas de cultivo.	34
Figura 14. Sólidos sedimentables (SS) en los tratamientos (T1= 9 ml/L) y (T2 = 14 ml/L).....	36
Figura 15. Composición del biofloc en los en los tratamientos. <i>Vorticella sp</i> (T1) y ciliados (T2), durante las 8 semanas de cultivo.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variación de los parámetros productivos de <i>M. acanthurus</i> durante 14 semanas de cultivo.....	28
Tabla 2. Variación de los parámetros productivos de <i>M. acanthurus</i> durante 8 semanas de cultivo.....	36



“RESUMEN”

Uno de los principales problemas en el cultivo de especies acuáticas, es la densidad de siembra, influyendo directamente sobre su crecimiento, por lo que en el presente trabajo se evaluó su efecto sobre los parámetros productivos en postlarvas del camarón prieto *Macrobrachium acanthurus* cultivados en agua dulce con biofloc. Para ello, se realizaron dos ensayos; en el primero se evaluaron cuatro densidades (60, 120, 180 y 240 org/m³) durante 14 semanas. Se encontró que la temperatura del agua en cultivo afecto directamente el crecimiento, permaneciendo en el rango de 15.6-28.7 °C. Los mejores resultados se obtuvieron a densidades de 60 org/m³, con peso final de 0.180±1.8 g, ganancia en peso de 0.160±1.8 g, tasa de crecimiento semanal de 0.016±2.9 g/sem y sobrevivencia del 90.47±4.12 %, respectivamente. Mientras que la mayor biomasa final se presentó a 240 org/m³, con 5.27±0.23 g. En el segundo ensayo donde se evaluaron densidades de (120 y 240 org/m³), durante 8 semanas de cultivo, la temperatura del agua fue significativamente diferente entre tratamientos, (P<0.05) permaneciendo en intervalos de 25.2-28.9 °C. Los mejores resultados se obtuvieron a densidades de 120 org/m³, con peso final de 0.92±0.01 g, ganancia en peso de 0.89±0.01 g, tasa de crecimiento semanal de 0.11±0.05 g/sem y sobrevivencia del 91.02±3.11 %, mientras que la mayor biomasa final se obtuvo en densidades de 240 org/m³ con 35.77±0.94 g. Además, se observó un incremento en los sólidos sedimentables (SS) con el aumento de la densidad de siembra. La mayor cantidad en ambos ensayos se presentó a densidades de 240 organismos/m³, con 11 ml/L para el primer ensayo, mientras que para el segundo fue de 14 ml/L. La composición del biofloc de ambos ensayos estuvo dominada principalmente por cinco grupos de microorganismos; protozoarios, ciliados, rotíferos, bacterias y nematodos.

Palabras clave: Densidad, Biofloc, Parámetro productivo, Crecimiento, Sobrevivencia, Biomasa.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las actividades productivas con mayor crecimiento, generadora de empleos, alimentos de buena calidad nutricional y se realiza para la producción de organismos acuáticos bajo condiciones controladas (FAO, 2012; Leyva, 2017).

En la actualidad, el uso de menos espacio en los sistemas de cultivo acuícolas ha provocado que se incremente la densidad de siembra por unidad de área o volumen, volviendo los sistemas más intensivos y productivos, esto a su vez, provoca que se genere una mayor tasa de recambio de agua a los estanques de cultivo, lo cual promueve la liberación de materia orgánica a los cuerpos acuáticos, provocando grandes problemas ambientales como la eutrofización del agua y la proliferación de microorganismos patógenos (Anaya y Bückle, 2012; Boada, 2016).

La producción y el crecimiento de los organismos, depende de la densidad de siembra en un estanque de cultivo, por lo que, su aumento por unidad de área o volumen genera mayor producción, aunque con ejemplares de menor tamaño (Boada, 2016; Valverde & Varela, 2020). Mientras que la sobrevivencia se ve afectada por el canibalismo, ya que, a densidad alta, se provoca competencia por alimento, espacio y ocurre generalmente cuando los organismos se encuentran mudando, ya que en esta etapa son más vulnerables, y en este proceso los organismos de mayor tamaño se alimentan de los pequeños (Boada, 2016).

Los langostinos pertenecientes a la familia *Palaemonidae*, orden Decapoda y género *Macrobrachium*, presentan una amplia diversidad y distribución geográfica, con numerosas especies de importancia biológica y comercial que habitan ecosistemas marinos, estuarinos y dulceacuícolas (Jayachandran, 2001; Hernández, 2007; Rojo, 2009; Rólier y Wehrtmann, 2009; Espinosa *et al.*, 2011; Yamasaki, 2012; Arana *et al.*, 2013).

El camarón prieto (*Macrobrachium acanthurus*) es una de las especies que se distribuyen en la planicie costera del Atlántico, desde Estados Unidos hasta Brasil, la cual está sujeta a aprovechamiento y explotación principalmente en los estados de Veracruz y Tabasco (Villafuerte

et al., 2016; Viana da Costa *et al.*, 2016). Su hábitat principal son los sustratos arenosos, limosos, arcillosos, rocosos y raíces sumergidas de plantas acuáticas de ríos, estuarios y lagunas costeras (Espinosa *et al.*, 2011; Vega *et al.*, 2011; Vega *et al.*, 2015).

Presenta un rostro ligeramente elongado y sobrepasa la parte distal del escafoцерito. El margen superior presenta de 9 a 11 dientes, distribuidos de manera regular en el rostro. El margen inferior presenta de 4 a 7 dientes. El segundo par de pereiópodos es alargado, iguales o casi iguales, delgados y simétricos en machos y de forma igual en las hembras, aunque de menor tamaño. El caparazón es poco rígido y presenta cerdas cortas, especialmente en la región anterolateral. El macho es más grande que la hembra, con tallas de 16.6 cm y las hembras alcanzan la madurez sexual en tallas de 3.6 cm. Se reproducen todo el año, pero su pico máximo se da en los meses de abril y octubre, los adultos necesitan del agua salobre de las zonas costeras, donde la salinidad sea alrededor de 12 ups. Aprovechan la época de lluvias para realizar migraciones y cumplir su ciclo reproductivo (Espinosa, 1987; Villafuerte *et al.*, 2016).

Juega un papel ecológico importante, principalmente en etapas juveniles ya que se consideran omnívoros y carroñeros de ambientes bentónicos, alimentándose de detritos, algas, insectos, crustáceos y restos de animales muertos, participando en el proceso de degradación de materia orgánica y permitiendo la recirculación de nutrientes (Espinosa, 1987; García *et al.*, 2013; De León, 2018). Además, presenta un alto valor alimenticio por su alto contenido proteico, buen sabor de su carne, atractivo visual y se encuentra sujeto a la explotación pesquera artesanal en las poblaciones ribereñas de ríos y lagunas costeras de México, donde se aprovecha para el autoconsumo o para su venta local (Espinosa, 1987; Espinosa *et al.*, 2012; Villafuerte *et al.*, 2016).

Dos de los principales problemas a los que se enfrenta esta especie es la disminución de la población a causa de la contaminación por desechos urbanos e industriales y sobrepesca. Por lo que ha sido considerada como buen candidato para el cultivo ya que esta especie no es agresiva, se encuentra en altas densidades en la naturaleza y puede tolerar un amplio rango de temperatura, salinidad y concentración de oxígeno (Espinosa, 1987; Espinosa *et al.*, 2011; Villafuerte *et al.*, 2016).

El uso de nuevas técnicas eficientes de cultivo ha permitido mantener producciones constantes durante todo el año, con un mejor control de los parámetros físicos y químicos durante el proceso de producción, mitigando la contaminación del ambiente ocasionada por los desechos liberados a los cuerpos de agua (Collazos y Arias, 2015; Boada, 2016).

La tecnología del biofloc (BFT), fue desarrollada a principios de los años 70's, la cual se ha ido perfeccionando hasta la actualidad, manipulando las concentraciones de carbono y nitrógeno presentes en el agua de cultivo para la formación de flóculos microbianos que permiten aprovechar los desechos nitrogenados, producto de la descomposición de la materia orgánica, como el alimento no consumido y las heces, transformándolos en proteína, antes de que estos lleguen a niveles tóxicos para los organismos. Esto se logra siempre y cuando los parámetros físicos y químicos sean controlados y con la adición de una fuente de carbono externa, la cual puede ser azúcar, melaza, almidón, etc. (Crab *et al.*, 2007; Avnimelech, 2012; Collazos y Arias, 2015; Guemez, 2015; Boada, 2016; Leyva, 2017; Miranda *et al.*, 2020).

Con el sistema de biofloc (BFT) se busca mantener una buena calidad y ahorro del agua, aumentar la densidad de cultivo, disminuir los costos de producción y reducir el factor de conversión alimenticia (FCA) ya que los microorganismos presentes, son capaces de metabolizar las diferentes formas de nitrógeno (Merchán, 2014; Hernández *et al.*, 2019). Algunas de estas formas son por asimilación de algas, oxidación por bacterias quimio autótrofas y asimilación por bacterias heterotróficas (zooplancton, hongos, nematodos, ciliados, etc.), consiguiendo así el control de los desechos del nitrógeno (Bermúdez *et al.*, 2015). Para que esto ocurra debe haber una adecuada relación carbono-nitrógeno (C: N) y esta va a depender de la cantidad y del porcentaje de proteína contenida en el alimento peletizado, así como también de las fuentes externas de carbono (Avnimelech, 2012; Collazos y Arias, 2015; Miranda *et al.*, 2020; Zarza *et al.*, 2020).



II. ANTECEDENTES

De manera general, los langostinos han sido muy bien estudiados, donde la información se basa principalmente en el estudio de la biología, ecología, alimentación, etc. Sin embargo, la información sobre cultivo en cautiverio de *M. acanthurus* aún es escasa, generalmente está basada en el cultivo de *M. rosenbergii*. En un estudio realizado por Luna *et al.*, (2007) evalúan el desempeño de tres dietas con diferente contenido proteico (35, 28 y 25%) y carbohidratos (38, 31 y 48%) sobre el crecimiento, sobrevivencia y la tasa de crecimiento semanal (TCA) en *M. rosenbergii*, reportaron que los organismos mostraron diferencias significativas en los parámetros productivos, la dieta con el 25 % de proteína y 48 % de carbohidratos presentó los mejores valores para la TCA de 1.57, crecimiento por arriba de los 300 mg y sobrevivencia del 70 %, señalando que niveles bajos de proteína pueden sustituirse por altos niveles de carbohidratos con valores óptimos para el crecimiento.

Villafuerte *et al.*, (2016) determinaron los requerimientos nutricionales en juveniles de *M. acanthurus*, con dietas de 25, 30, 35, 40, 45 y 50% de proteína cruda por un periodo de 80 días, donde reportaron que el requerimiento mínimo de proteína para crecimiento y desarrollo debe ser de 37.8%. De igual forma mencionaron que la harina y el aceite de krill mostraron un efecto positivo en la maduración sexual de las hembras.

Padilla (2014), evaluó la sobrevivencia en larvas de *M. acanthurus* y *M. carcinus*, alimentadas con nauplio de *Artemia sp* enriquecidos con metionina y vitamina C, donde reporta el 16 % a los 33 días en larvas de *M. acanthurus*, alimentadas con nauplio enriquecido con vitamina C, mientras que para *M. carcinus*, reporta el 3 % a los 81 días.

De acuerdo con Hernández (2008), uno de los factores biológicos importantes que influyen directamente en el crecimiento de los langostinos, es la temperatura ya que está relacionada directamente con el metabolismo de las proteínas y lo comprueba al realizar un estudio para determinar su efecto sobre el crecimiento y sobrevivencia en *M. occidentale* y *C. quadricarinatus*

donde menciona que a temperaturas de 25 y 28 ° C se presentó el mejor crecimiento y sobrevivencia.

Otro de los factores que influyen en los parámetros productivos del camarón es la densidad de siembra, y esto lo corroboran Wasielesky *et al.*, (2013) al evaluar el efecto de la densidad de población sobre el crecimiento de *L. vannamei* en la fase de precria, durante 30 días utilizando densidades de siembra de 1500, 3000, 4500 y 6000 camarones/m² donde mencionan que en esta fase no hay diferencia en el crecimiento en las diferentes densidades, pero mencionan que en etapas posteriores es necesario utilizar densidades de siembra más bajas.

Sócola (2016) evaluaron el efecto de la densidad de siembra de *L. vannamei*, sobre el crecimiento y sobrevivencia en estadio de precria, en tres ciclos de producción de 10 días, a una densidad de 20, 30 y 40 postlarvas/l. Obtuvieron los mejores resultados en crecimiento a densidades de 20 postlarvas/l, con peso de 27 mg, sobrevivencia de 96.98 % y factor de conversión alimenticia de 0.50:1. Concluyeron que el crecimiento y la sobrevivencia disminuyen con el aumento de la densidad de siembra y que a su vez el factor de conversión alimenticia aumenta, lo cual conlleva a un mayor consumo de alimento.

Vega *et al.*, (2011) evaluaron los parámetros productivos en postlarvas de *M. tenellum* en dos épocas del año y a densidades de 8 y 6 org/m², reportando que, para el primer cultivo de los meses de otoño, el peso final fue de 0.09 g y 70 % de sobrevivencia, mientras que para el segundo cultivo reportaron peso final de 0.02 g 80 % de sobrevivencia. Durante el primer cultivo de verano registraron un peso final de 9.3 g y 50 % de sobrevivencia, mientras que, para el segundo cultivo, un peso final de 4.8 g y 55 % de sobrevivencia, concluyeron que la temperatura del agua debe estar por arriba de los 28 °C para un buen desempeño de la especie.

Manrique (2013), evaluó el efecto de la densidad siembra de 9, 12 y 15 org/m³, sobre en el crecimiento de juveniles de camarón de río *M. amazonicum* durante 90 días, reportando un mayor peso final y sobrevivencia a densidad de 9 org/m³ con 3.05 g y 80 % respectivamente.

Vásquez (2014) evaluó el efecto en densidades de 17, 34, 69 y 104 org/m³ sobre el crecimiento y ganancia de peso en *M. rosenbergii* durante 62 días de cultivo. Reportaron a densidad de 17 org/m³ la mayor talla con 2.70 cm, peso de 0.237 g. Mientras que, a densidad de 104 org/m³ presentó la mayor biomasa y sobrevivencia con 20.12 g y el 97 % respectivamente.

Paul *et al.*, (2016) evaluaron el efecto de las densidades de 40, 50 y 80 org/m², sobre el crecimiento y producción de *M. rosenbergii* durante 150 días. Reportaron mayor peso final y sobrevivencia a densidad de 40 org/m³, con 38.71 g y el 90.83 %. Mientras que a densidad de 80 orgs/m² reportaron peso final de 21.59 g y sobrevivencia del 47.92 %.

Cupertino *et al.*, (2017) evaluaron el efecto de las densidades de 50, 100, 150, 200 y 250 org/m² sobre la producción de *M. rosenbergii* durante 60 días. Reportaron un mayor peso final y ganancia en peso para la densidad de 250 org/m², con 2.54 y 2.23 g, respectivamente. Mientras que a densidad de 50 org/m² reportaron el 73 % de sobrevivencia, peso final de 2.22 g y ganancia en peso de 1.91 g.

Ponce *et al.*, (2018) evaluaron el efecto de la densidad de siembra de 1, 3, 6 y 9 org/m³ sobre los parámetros productivos en *M. americanum* durante 152 días de cultivo. Reportaron los mejores resultados para la densidad de 1 org/m³ con peso final de 82.4 g, sobrevivencia del 100 % y factor de conversión alimenticia de 1.4:1.0. Mientras que a densidad de 9 org/m³, obtuvieron los valores más bajos, con un peso final de 16.2 g, sobrevivencia del 54 % y factor de conversión alimenticia de 2.6:1.0. De igual forma mencionaron que, aunque el tratamiento con la densidad más baja presentó los mejores resultados, la mayor producción se obtuvo a densidades de 6 org/m³ con peso de 192.1 g/m³.

García *et al.*, (2019) evaluaron el efecto de la densidad de 10, 15 y 20 org/m² en *M. tenellum* durante 60 días de cultivo. Reportaron mayor peso final a 15 org/m² con 5.41 g, mientras que mayor sobrevivencia a 10 org/m² con el 77.7 %.

Valverde y Varela (2020) evaluaron el efecto de la densidad de 2.5 y 6 org/m² sobre la productividad y rentabilidad del langostino *M. rosenbergii*, en el cual reportaron los mejores resultados a densidad de 2.5 org/m² con un peso de 34 g, sobrevivencia del 89 %, y factor de conversión alimenticia de 1.6:1.0, mientras que para la densidad de siembra de 6 orga/m² un peso de 20.01 g, sobrevivencia del 80.1 % y factor de conversión alimenticia de 2.2:1.0, concluyeron que al incrementar la densidad de siembra disminuyen el crecimiento y sobrevivencia, pero se aumenta la producción total.

Zarza *et al.*, (2021) evaluaron el desempeño productivo en el langostino *M. rosenbergii* en un sistema tradicional y biofloc a densidades de siembra de 270 org/m³ durante 8 semanas, donde reportaron talla de 5.35 cm, peso de 1.28 g, ganancia en peso de 0.01 g y sobrevivencia del 73 % en el sistema tradicional, mientras que 5.18 cm, peso de 2 g, ganancia en peso de 0.02 g y sobrevivencia del 60 % para el sistema con biofloc.



III. HIPÓTESIS

En los sistemas acuícolas, la cantidad de organismos por unidad de área o de volumen es un parámetro de gran importancia, entonces la densidad de siembra afectará los parámetros productivos del camarón *Macrobrachium acanthurus*.

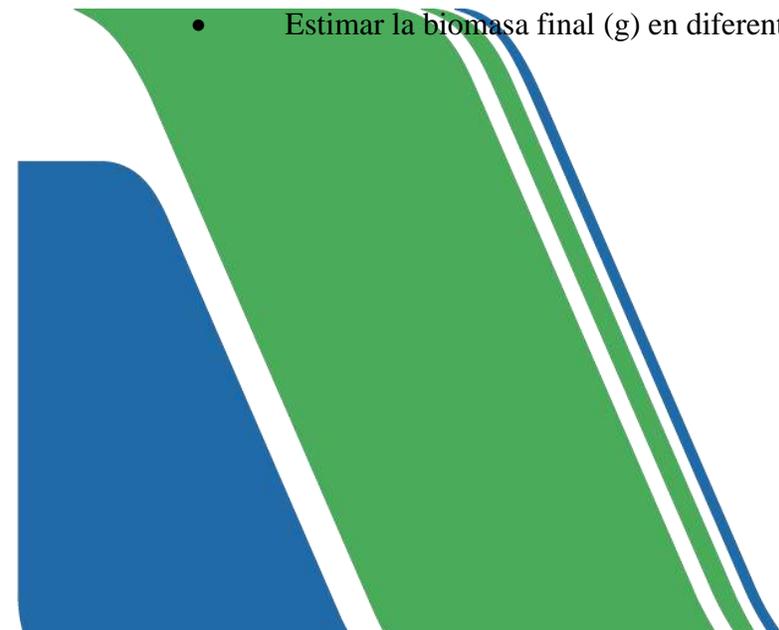
IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos en postlarvas del camarón *Macrobrachium acanthurus* cultivados en agua dulce con biofloc.

4.2 Objetivos particulares

- Estimar el peso final (g) en diferentes densidades de siembra para *M. acanthurus*.
- Estimar la ganancia de peso (g) en diferentes densidades de siembra para *M. acanthurus*.
- Estimar la tasa de crecimiento semanal (g) en diferentes densidades de siembra para *M. acanthurus*.
- Estimar la sobrevivencia (%) de *M. acanthurus* en diferentes densidades de siembra.
- Estimar la biomasa final (g) en diferentes densidades de siembra para *M. acanthurus*.



V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Ubicación e instalaciones de cultivo

Los experimentos se realizaron en las instalaciones del laboratorio de bioensayos en acuicultura de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Veracruzana.

Se realizaron dos ensayos experimentales, para el primer ensayo (14 semanas) se utilizaron cuatro tanques de 1000 l con agua dulce y a un volumen de trabajo de 700 l (0.7 m^3) cada uno. Cada tanque se dividió 3 con malla mosquitera y adheridas con silicón, mientras que para el segundo ensayo (8 semanas) se utilizaron seis tanques de 60 l y a un volumen de trabajo de 40 l (0.04 m^3) (Fig. 1).

La aireación para los diferentes ensayos fue suministrada a través de una tubería de PVC hidráulica en 1 1/2 pulgadas y generada por un soplador de 1 hp, cada tanque con sus respectivas válvulas, mangueras y anillos difusores.



Figura 1. Esquemática del diseño de los tanques de cultivo. Tanques primer ensayo (A y B). Tanques segundo ensayo (C y D).

5.2 Captura, manejo y aclimatación de organismos

Las postlarvas de camarón *M. acanthurus* se capturaron en el río Pantepec, en Tuxpan, Veracruz, utilizando una red tipo cuchara. Posteriormente, los organismos se transportaron a las instalaciones, utilizando contenedores de 60 litros y aireación mecánica a base de un compresor portátil. Al llegar al laboratorio, se distribuyeron y aclimataron en dos tanques de 60 litros durante 5 días, en la cual se mantuvieron y alimentaron con balanceado comercial con 35 % de proteína, y se monitorearon los parámetros físicos y químicos; temperatura, oxígeno disuelto, pH y amonio total (Fig. 2).



Figura 2. Captura (A) y aclimatación de postlarvas (B).

5.3 Diseño experimental

Con la finalidad de evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos en el camarón, se realizaron dos ensayos experimentales, en el primero se evaluaron 4 tratamientos con diferentes densidades de siembra y tres repeticiones, mientras que para el segundo se evaluaron dos tratamientos y tres repeticiones.

La densidad de siembra empleada en cada tratamiento fue la siguiente:

5.3.1 Primer ensayo (Tanques divididos)

T1: Densidad de siembra (60 organismos/m³)

T2: Densidad de siembra (120 organismos/m³)

T3: Densidad de siembra (180 organismos/m³)

T4: Densidad de siembra (240 organismos/m³)

5.3.2 Segundo ensayo (Tanques individuales)

T1: Densidad de siembra (120 organismos/m³)

T2: Densidad de siembra (240 organismos/m³).

5.4 Desempeño productivo

En cuanto al desempeño productivo, en cada tratamiento se evaluó el peso final (g), la ganancia en peso (g), la tasa de crecimiento semanal (g/sem), biomasa final (g) y la sobrevivencia (%). Para ello, se realizaron biometrías semanales utilizando una balanza digital portátil marca (TJM) con precisión de 0.1 g, tomando aleatoriamente el 25 % del total de los organismos por tanque.

Dichos parámetros fueron medidos con las siguientes ecuaciones (Espinosa *et al.*, 2012 y Boada, 2016):

Ganancia en peso= (Peso final-Peso inicial)

TCS= Peso final-Peso inicial/ días de cultivo

Biomasa final = (Biomasa total en la cosecha-Biomasa total en la siembra)

Sobrevivencia (%) = 100 x (número final de organismos/ número inicial de organismos)

5.5 Preparación del Biofloc

Para la preparación del biofloc se utilizó un tanque de 1000 l, llenado a un volumen de trabajo de 800 l (Fig. 3). Cada tres días se aplicó azúcar como fuente de carbono, a dosis de 300 g por kilogramo de balanceado comercial con 35 % de proteína y bajo una relación carbono-nitrógeno de 12:1 de acuerdo a (Miranda *et al.*, 2020).



Figura 3. Maduración del biofloc.

5.6 Alimentación

Se alimentaron los organismos con balanceado comercial con 35 % de proteína dos veces al día y distribuido por todo el tanque, a una ración del 16 % de la biomasa.

5.7 Calidad del agua

Durante el experimento se evaluaron los parámetros físicos y químicos. La temperatura y oxígeno disuelto se midieron una vez al día con un oxímetro HANNA® modelo HI9747. El amonio (NH_4) se midió cada 3 días utilizando una prueba de NH_4/NH_3 (Fluval Test), tomando una muestra de 5 ml de agua cada tanque y agregando 5 gotas de los reactivos 1, 2 y 3 respectivamente, mientras que para el pH se midió con un potenciómetro.

5.8 Análisis estadísticos

Los datos obtenidos se sometieron a una prueba de Shapiro Wilkins y/o Kolmogórov-Smirnov, con el objetivo de detectar normalidad o no y a pruebas de homogeneidad de varianzas. Se utilizaron pruebas de ANOVA y/o Kruskal Wallis dependiendo de la normalidad de los datos. Además, se realizaron pruebas de comparaciones múltiples de Tukey y/o Mann Whitney, esto a su vez para determinar la variación entre las medias de los tratamientos. Todas las pruebas se realizaron con el programa estadístico InfoStat-Statistical Software, versión 5.13 y fueron graficados mediante el programa SigmaPlot 10.0.

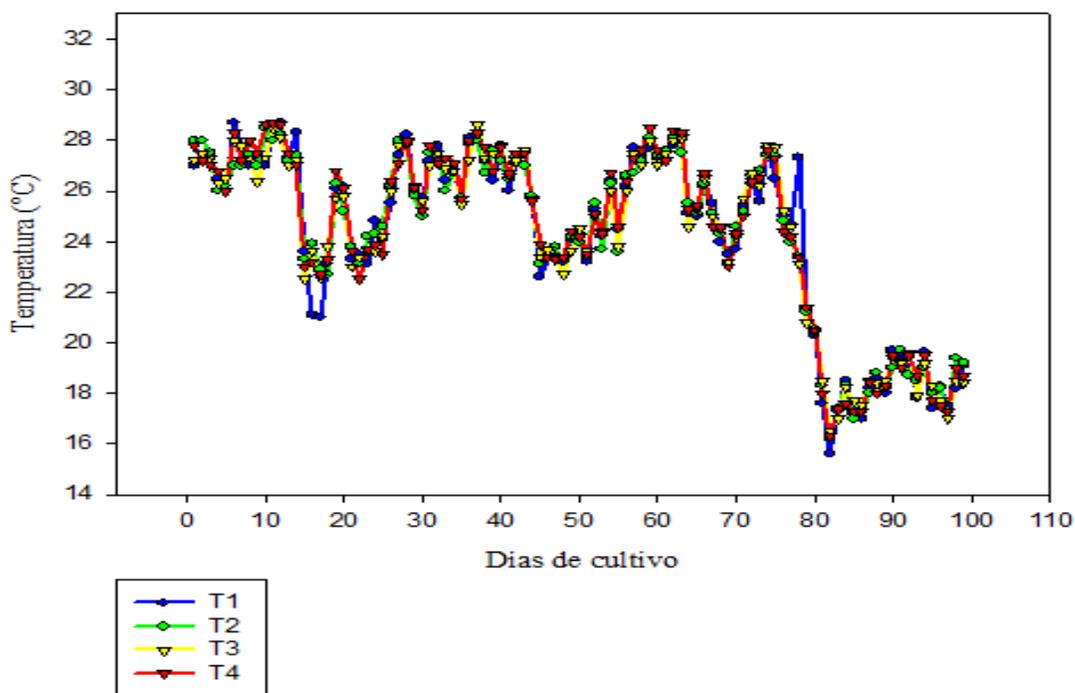
VI. RESULTADOS

6.1 Primer Ensayo (Tanques divididos).

6.1.1 Parámetros físicos y químicos

6.1.1.1 Temperatura y oxígeno disuelto.

Con respecto a la temperatura, no fue significativamente diferente entre tratamientos, (Kruskal Wallis; $P > 0.05$), permaneciendo en el rango de 15.6-28.7 (24.3 ± 3.5 °C). Además, se observó que en los primeros 78 días de cultivo, se presentaron los valores más altos con intervalos de entre 28.7-21.3 °C y posteriormente fue descendiendo drásticamente en los últimos 20 días. Mientras que el oxígeno osciló entre 6.3-8.8 mg/l, sin presentar diferencias significativas (Kruskal Wallis; $P > 0.05$; Fig. 4). Además, fue influenciado por la temperatura, al aplicar la prueba de correlación de Pearson, fue significativamente diferentes ($P < 0.05$), donde se observó que, si esta aumenta, el oxígeno disuelto disminuye y viceversa (Fig. 5).



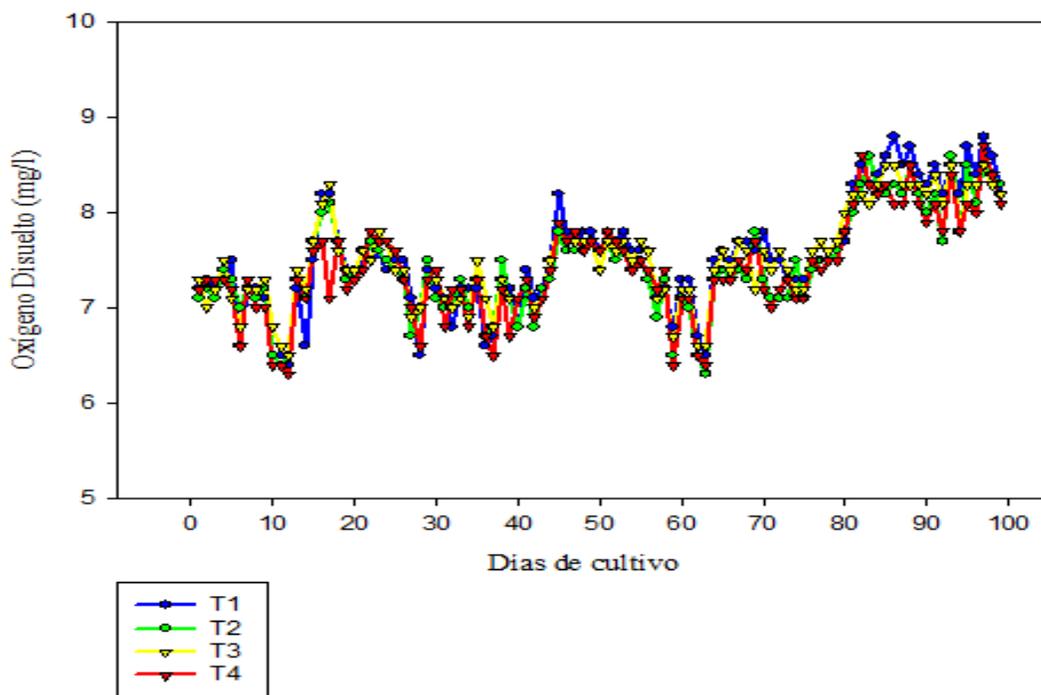


Figura 4. Variación de la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (OD) en los tratamientos; (T1=60), (T2=120), (T3=180) y (T4=240 org/m³) durante los 98 días de cultivo.

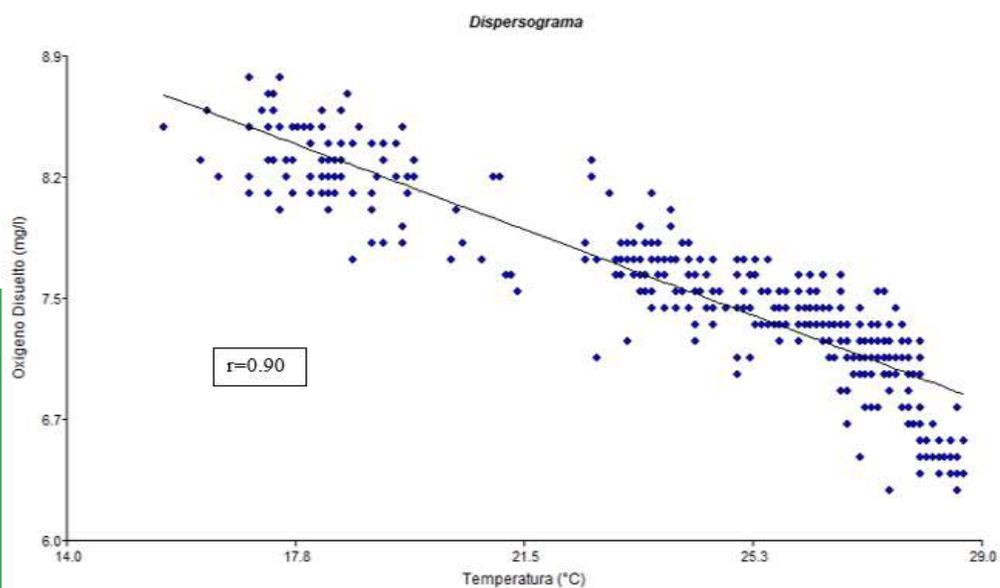
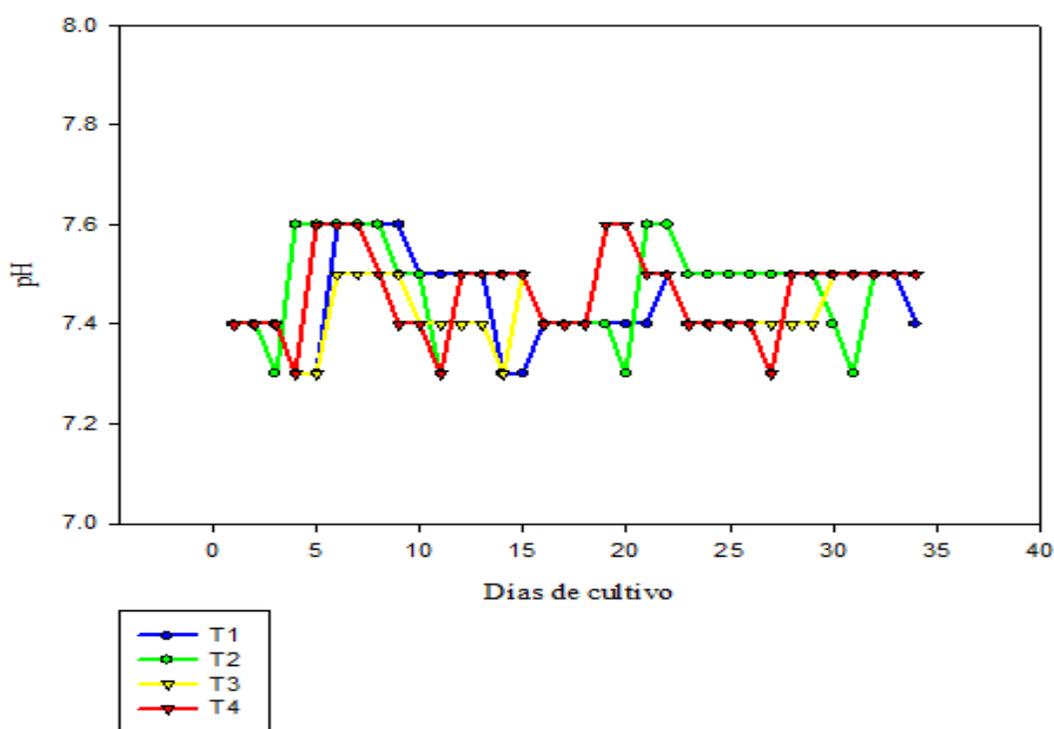


Figura 5. Coeficiente de correlación de Pearson entre la temperatura y el oxígeno disuelto.

6.1.1.2 pH y amonio total.

Con respecto al valor de pH, no fue significativamente diferentes entre tratamientos (Kruskal Wallis; $P > 0.05$). Se mantuvo en intervalos de entre 7.3-7.6 (7.4 ± 0.2 UI) con algunos valores bajos de hasta 7.3, pero después valores constantes por arriba de los 7.4 UI.

Mientras que el amonio total (NH_4) se mantuvo en el rango de 0-1 mg/l (0.2 ± 0.2 mg/l), sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal Wallis; $P > 0.05$). El valor máximo para el tratamiento a densidades de 60 organismos/ m^3 fue de 0.5 mg/l, para el tratamiento a densidades de 120 organismos/ m^3 fue de 0.7 mg/l, el tratamiento a densidades de 240 organismos/ m^3 fue de 0.8 mg/l, mientras que el valor más alto se presentó a densidades de 180 organismos/ m^3 con 1 mg/l (Figura 6).



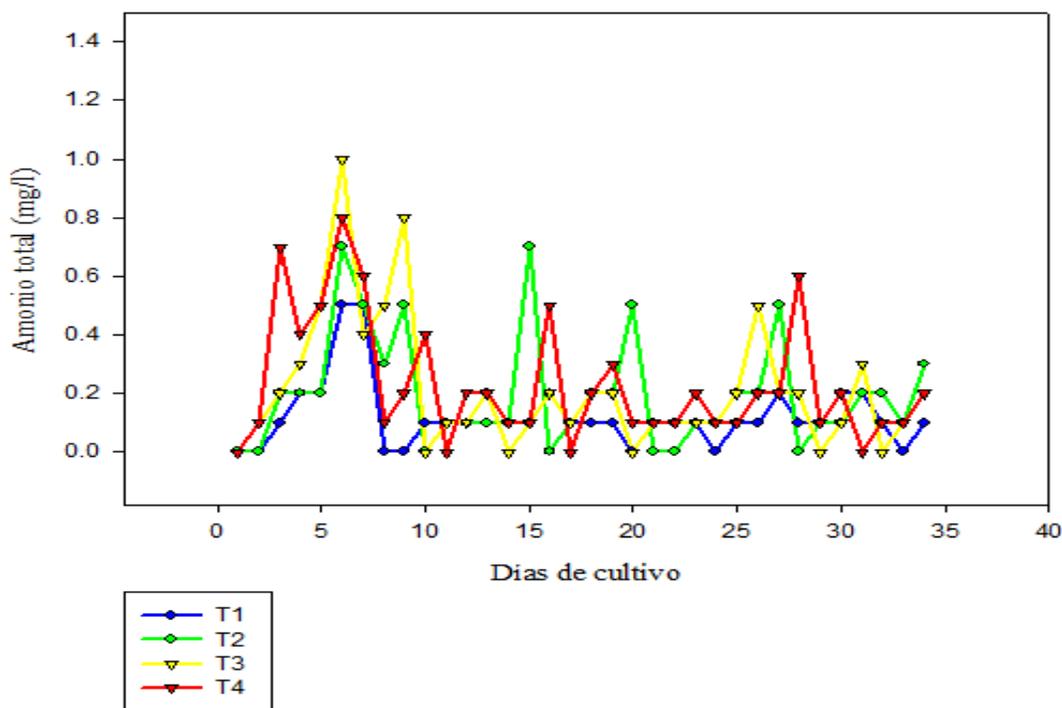


Figura 6. Variación del pH y amonio total (NH_4) en los tratamientos; (T1=60), (T2=120), (T3=180) y (T4=240 org/m^3) durante los 98 días de cultivo.

6.1.2 Parámetros productivos

6.1.2.1 Peso Final

Para el caso del peso final a las 14 semanas de cultivo, fue significativamente diferente entre tratamientos ($P < 0.05$; Tabla 1).

Los tratamientos que presentaron los mejores resultados fueron a densidades de 60 y 120 organismos/ m^3 con 0.180 ± 1.8 g, mientras que a densidades de 180 organismos/ m^3 presentó los valores más bajos con 0.170 ± 1.8 g.

6.1.2.2 Ganancia en peso

Para el caso de la ganancia en peso a las 14 semanas de cultivo, fue significativamente diferente entre tratamientos ($P < 0.05$; Tabla 1). El mayor incremento se obtuvo a densidades de 60 organismos/ m^3 , con un peso de 0.160 ± 1.8 g, mientras que el más bajo fue a densidades de 180 organismos/ m^3 con un peso total de 0.140 ± 1.8 g.

6.1.2.3 Tasa de crecimiento semanal

Con respecto a la Tasa de crecimiento semanal, esta no fue significativamente diferente entre tratamientos ($P>0.05$; Tabla 1).

Los mejores resultados se presentaron a densidades de 60 organismos/m³ con 0.016 ± 2.9 g/sem, a densidades de 120 organismos/m³ fue de 0.015 ± 3.0 g/sem, a 240 organismos/m³ fue de 0.014 ± 2.6 g/sem, mientras que a densidades de 180 organismos/m³ presentó los valores más bajos con 0.014 ± 2.5 g/sem. Los mayores valores fueron reportados para los primeros días de cultivo y fue decayendo a medida que la temperatura disminuyó (Fig. 7). Además, al aplicar la prueba de correlación de Pearson, fue significativamente diferentes ($P<0.05$) y se pudo observar que el comportamiento de la tasa de crecimiento para los cuatro tratamientos fue influenciado por la temperatura, donde si esta aumenta, el crecimiento también lo hace. (Fig. 8)

6.1.2.4 Biomasa final

Con respecto la biomasa, fue significativamente diferente entre tratamientos ($P<0.05$; Tabla 1). La mayor biomasa final a las 14 semanas de cultivo se obtuvo con el tratamiento a densidades de 240 organismos/m³ con 5.27 ± 0.23 g, seguida del tratamiento a densidades de 180 organismos/m³ con 3.94 ± 0.23 g, mientras que el tratamiento a densidades de 60 organismos/m³ fue la más baja con 1.99 ± 0.23 g.

6.1.2.5 Supervivencia

Con respecto la supervivencia al final del cultivo, fue significativamente diferente entre tratamientos (Anova; $P<0.05$; Tabla 1). El mayor porcentaje se presentó a densidades de 60 organismos/m³, con un 90.47 ± 4.12 %, seguida del tratamiento a densidades de 120 organismos/m³ con 80.95 ± 5.45 %, mientras que el menor porcentaje fue para densidades de 240 organismos/m³ con el 68.45 ± 4.49 %.

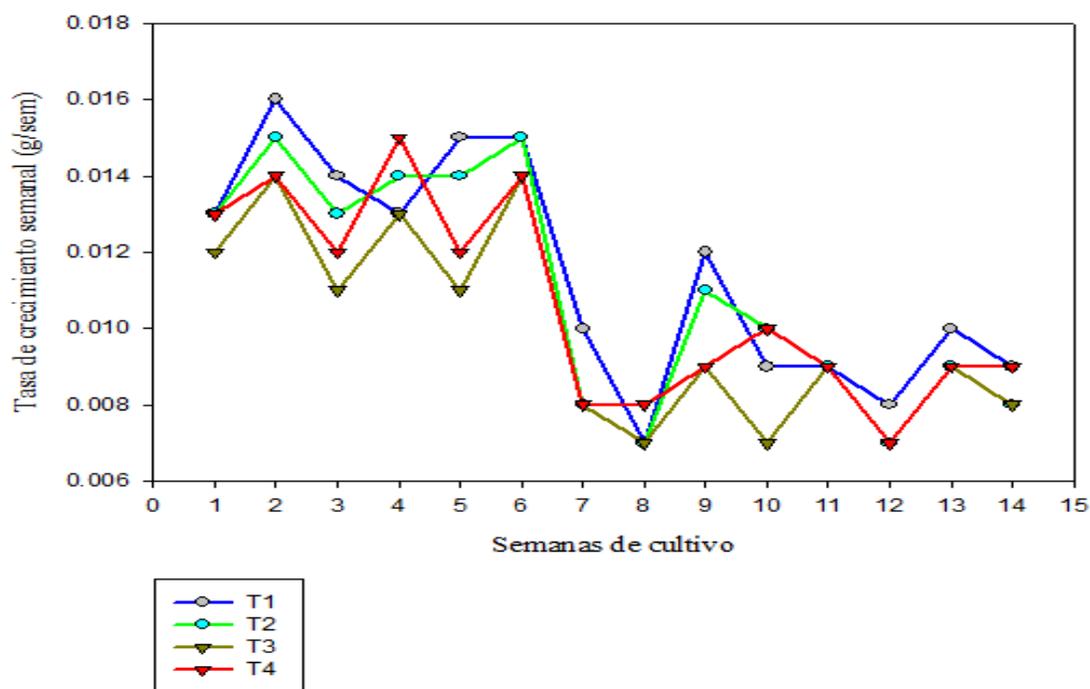


Figura 7. Tasa de crecimiento semanal en los tratamientos; (T1=60), (T2=120), (T3=180) y (T4=240 org/m³) durante 14 semanas de cultivo.

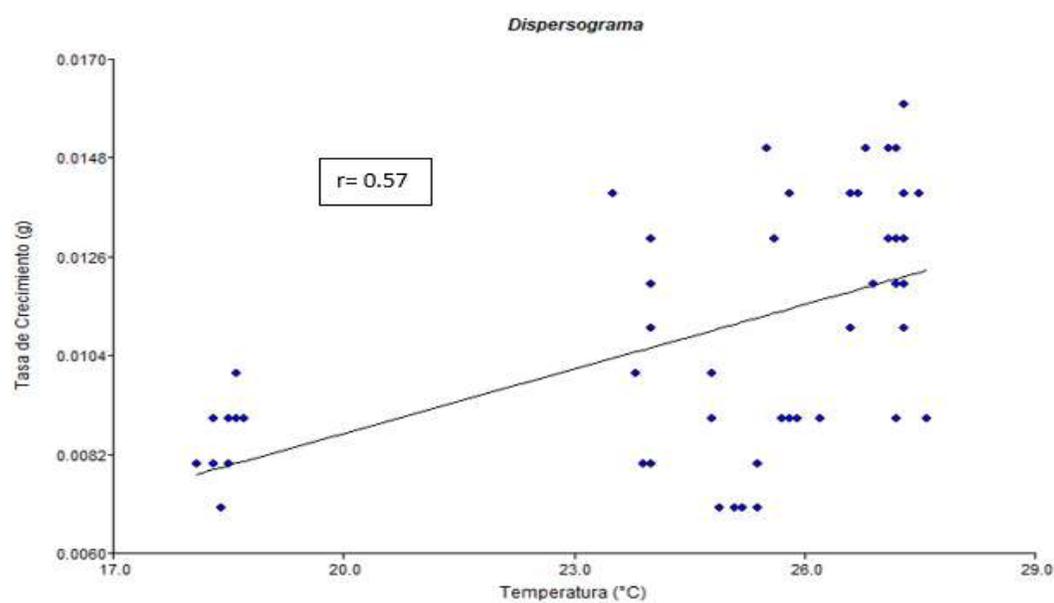


Figura 8. Coeficiente de correlación de Pearson entre la tasa de crecimiento y la temperatura.

Tabla 1. Variación de los parámetros productivos de *M. acanthurus* durante 14 semanas de cultivo.

Parámetros	Tratamientos				Anova	Kruskal Wallis
	T1	T2	T3	T4		
Peso Final (g)	0.180±1.8 ^a (0.025-0.188)	0.180±1.8 ^{ab} (0.025-0.181)	0.170±1.8 ^c (0.025-0.171)	0.170±1.8 ^{bc} (0.025-0.177)	S	
Ganancia en peso (g)	0.160±1.8 ^a (0.158-0.163)	0.150±1.8 ^{ab} (0.152-0.156)	0.140±1.8 ^c (0.138-0.146)	0.150±1.8 ^{bc} (0.146-0.152)	S	
TCS (g/sem)	0.016±2.9 ^a (0.007-0.016)	0.015±3.0 ^a (0.007-0.015)	0.014±2.5 ^a (0.007-0.015)	0.014±2.6 ^a (0.007-0.014)		NS
Biomasa final (g)	1.99±0.23 ^a (1.846-2.094)	3.35±0.23 ^b (3.038-3.548)	3.94±0.23 ^b (3.396-4.492)	5.27±0.23 ^c (4.864-5.857)	S	
Sobrevivencia (%)	90.47±4.12 ^a (85.7-92.8)	80.95±5.45 ^{ab} (75-85.7)	71.42±9.53 ^b (61.9-80.9)	68.45±4.49 ^b (64.2-73.2)	S	

Valores son medias ± DS (rango), n= 12 por cada tratamiento para peso final, ganancia en peso,

Biomasa final y Supervivencia. n= 24 para TCS. Superíndices con diferentes letras indican diferencias significativas con la prueba de Tukey y/o Mann Whitney (P< 0.05).

Tratamientos: T1: (60); T2: (120); T3: (180) y T4: (240 organismos/m³).

Resultados del análisis estadístico Kruskal Wallis y/o Anova. Diferencia significativa (S)= (P<0.05) y no significativa (NS)= P>0.05.



6.1.2.6 Sólidos sedimentables (SS) y composición del biofloc.

Se observó un incremento en la cantidad de SS con el aumento de la densidad de organismos. La menor cantidad fue a densidades de 60 organismos/m³ con 7 ml/L, seguida de las densidades 120 y 180 organismos/m³ con 9 y 10 ml/L, mientras que la mayor cantidad se presentó a densidades de 240 organismos/m³ con 11 ml/L (Fig. 9).

En los cuatro tratamientos, la composición del biofloc estuvo dominada principalmente por protozoarios, ciliados, rotíferos, bacterias y nematodos (Fig. 10).

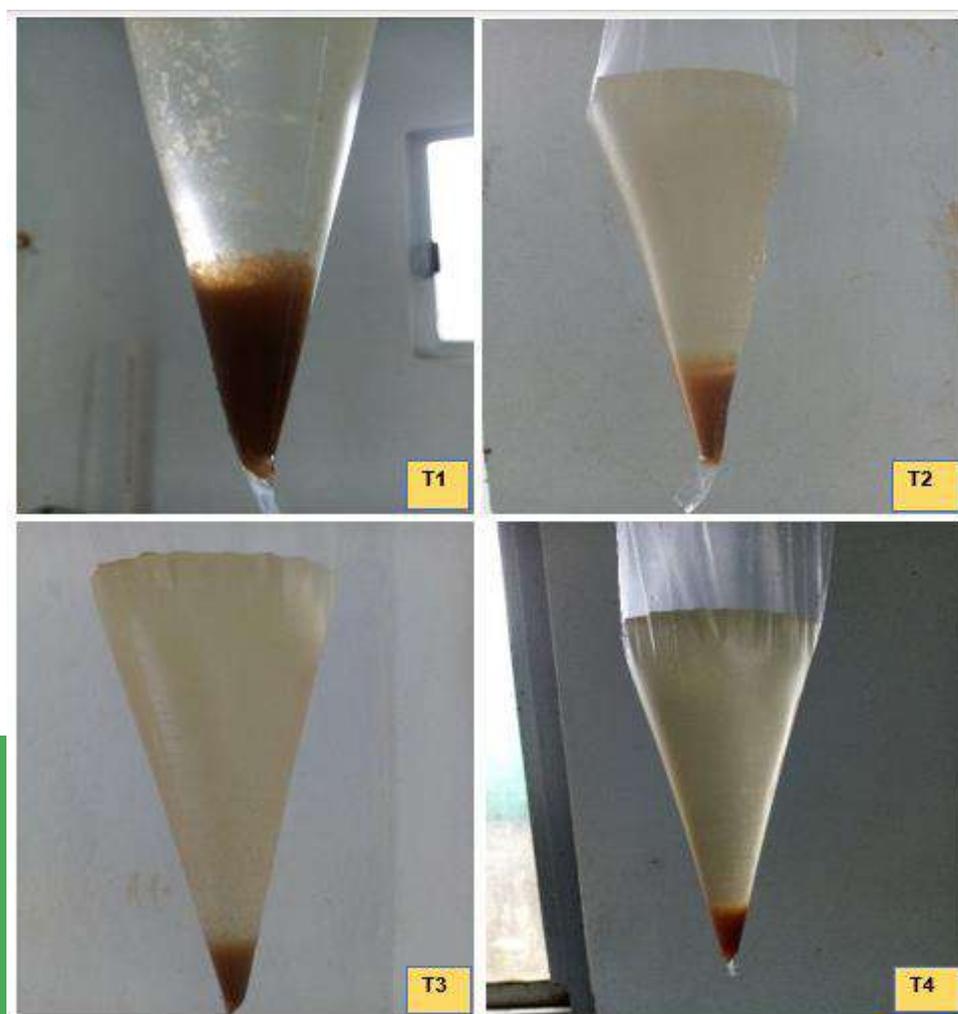


Figura 9. Sólidos sedimentables (SS) en los diferentes tratamientos (T1= 7 ml/L), (T2= 9 ml/L), (T3= 10 ml/L) y (T4= 11 ml/L) durante 14 semanas de cultivo.

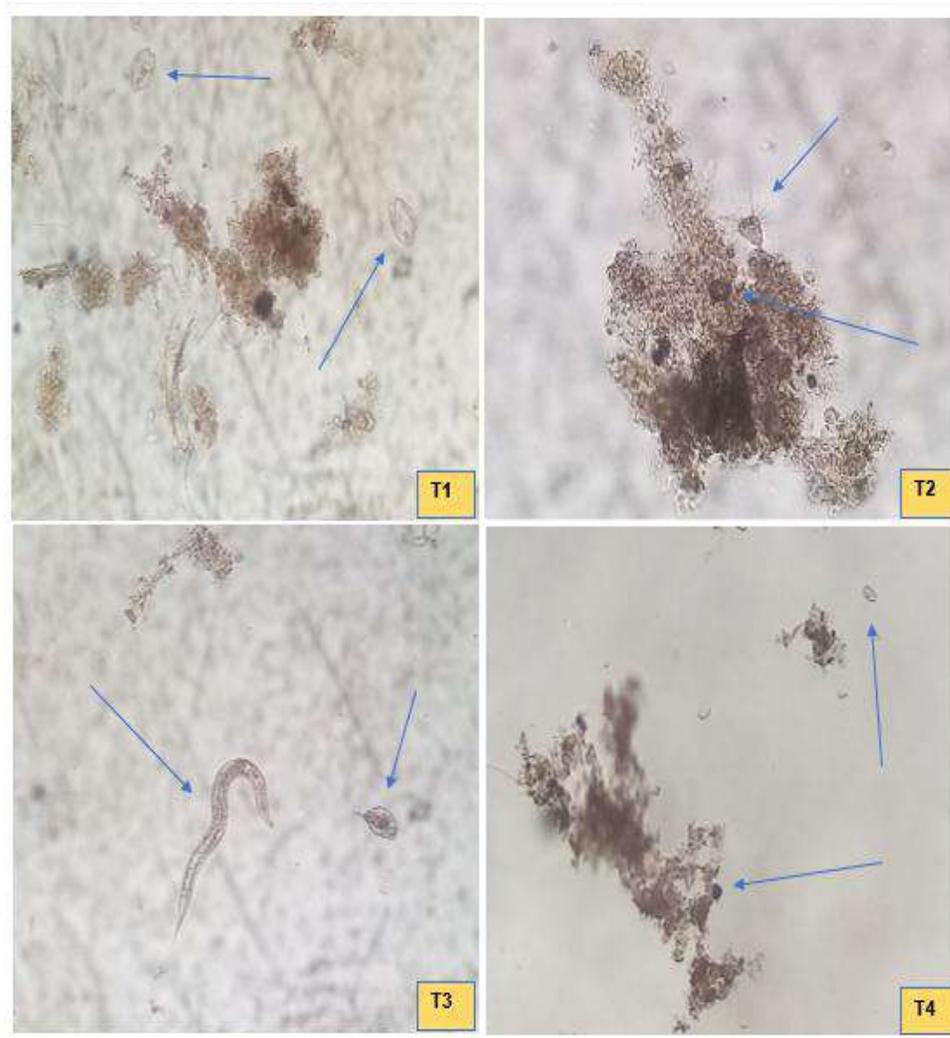


Figura 10. Microorganismos encontrados en biofloc. Rotíferos (T1), *Acanthocystis sp* (T2), nematodo y rotífero (T3) *Paramecium sp* (T4) durante 14 semanas de cultivo.

6.2 Segundo ensayo (Tanques individuales).

6.2.1 Parámetros físicos y químicos

6.2.1.1 Temperatura y oxígeno disuelto.

La temperatura fue significativamente diferente entre tratamientos (Kruskal Wallis; $P < 0.05$), con mínima y máxima de 25.1-28.9 °C.

Para el oxígeno disuelto, fue significativamente diferente entre tratamientos, (Kruskal Wallis; $P < 0.05$). El tratamiento a densidades de 120 organismos/m³, presentó un mínimo de 5.1 mg/l y un máximo de 7.8 mg/l (6.57 ± 0.54 mg/l), mientras que el tratamiento a densidades de 240 organismos/m³ presentó un mínimo de 5 mg/l y un máximo de 7.6 mg/l (6.33 ± 0.55 ; Fig. 11).

6.2.1.2 pH y amonio total

Con respecto al pH no se presentaron diferencias significativas (Kruskal Wallis, $P > 0.05$). El tratamiento a densidades de 120 organismos/m³ presentó un mínimo de 7.5 UI y un máximo de 7.9 (7.71 ± 0.12), mientras que a densidades de 240 organismos/m³ presentó un mínimo de 7.5 y máximo de 7.9 UI (7.73 ± 0.14 UI).

Para el amonio total (NH₄) fue estadísticamente diferente (Kruskal Wallis; $P < 0.05$). El tratamiento a densidades de 120 organismos/m³ presentó (0.15 ± 0.17 mg/l), mientras que a densidades de 240 organismos/m³ presentó (0.21 ± 0.18 mg/l), con niveles máximos de 0.5 mg/l. (Fig. 12).



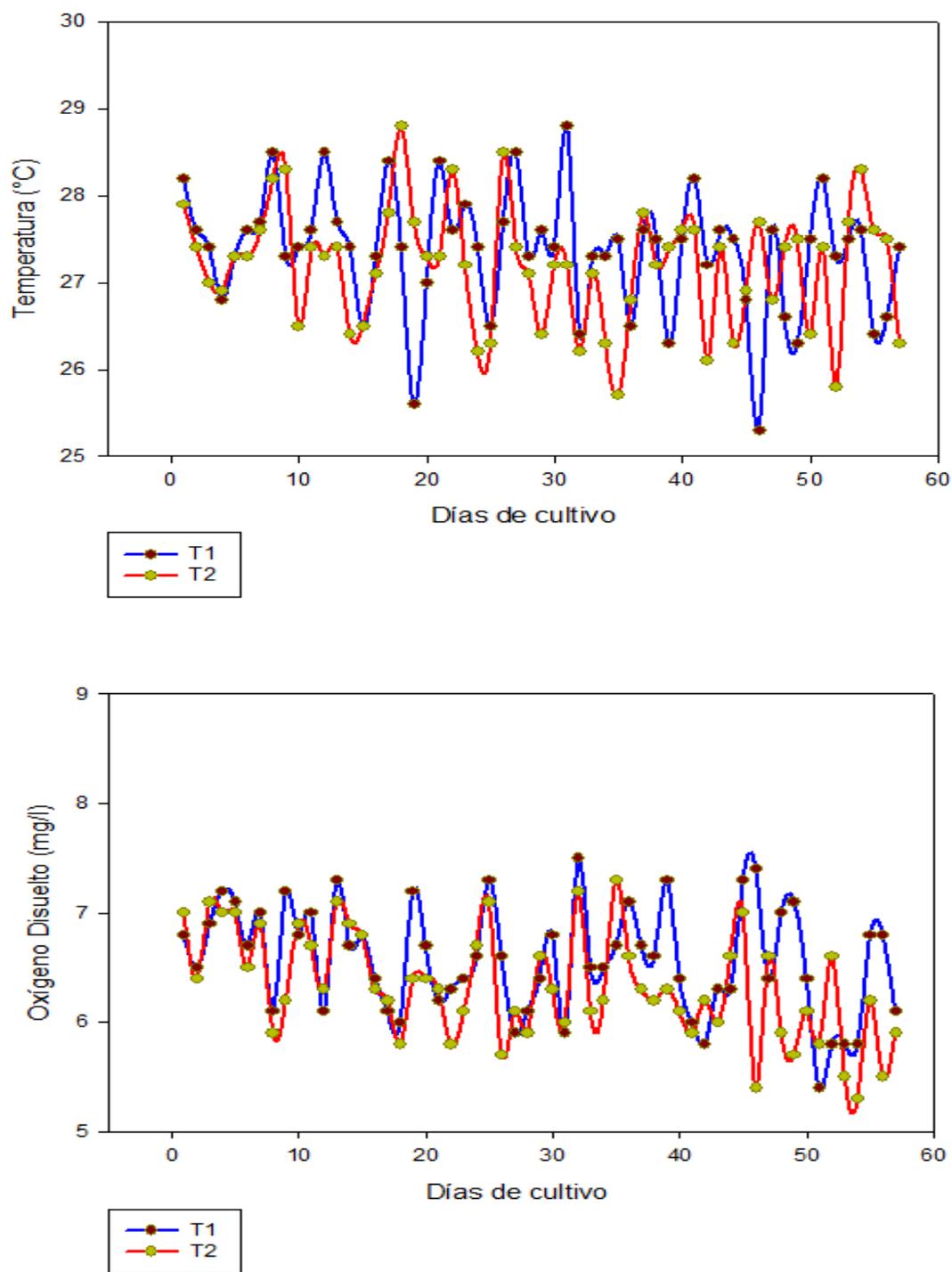


Figura 11. Variación de la temperatura (°C) y oxígeno disuelto (OD) durante los 56 días de cultivo.

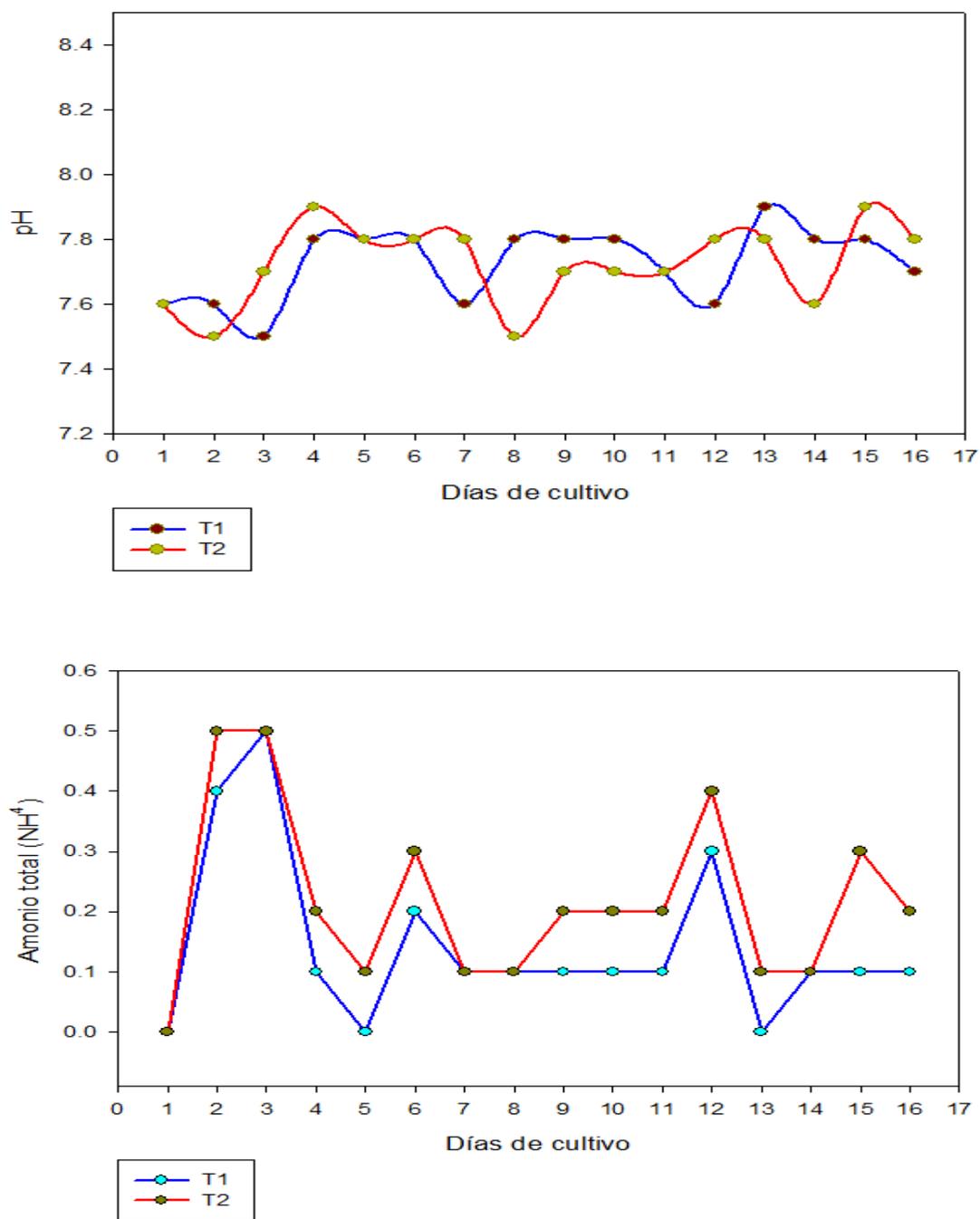


Figura 12. Variación del pH y amonio total (NH_4) durante los 56 días de cultivo.

6.2.2 Parámetros productivos

6.2.2.1 *Peso Final*

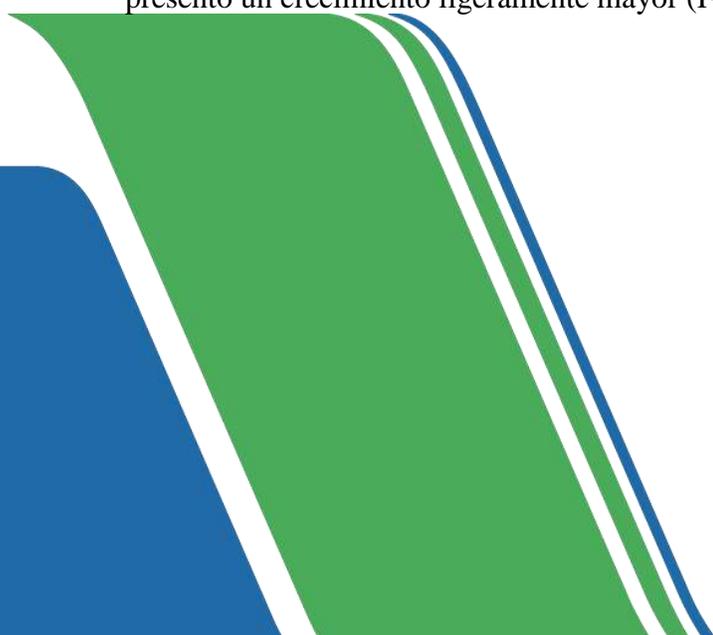
El mayor incremento en peso total a las 8 semanas de cultivo se obtuvo a densidades de 120 organismos/m³ con 0.92±0.01 g, mientras que a densidades de 240 organismos/m³, alcanzó un peso de 0.83±0.01 g, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal Wallis; P>0.05; Tabla 2).

6.2.2.2 *Ganancia en peso*

El mayor incremento en peso total a las 8 semanas de cultivo se obtuvo a densidades de 120 organismos/m³, con peso de 0.89±0.01 g, mientras que en el tratamiento a densidades de 240 organismos/m³ fue de 0.79±0.01 g, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (Kruskal Wallis; P>0.05; Tabla 2).

6.2.2.3 *Tasa de crecimiento semanal*

En el tratamiento a densidades de 120 organismos/m³ se registró una tasa de 0.11±0.05 g/sem, mientras que a densidades de 240 organismos/m³, presentó el 0.10±0.05 g/sem, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos, (Kruskal Wallis; P>0.05; Tabla 2). Se observó que el incremento en los primeros días de cultivo fue similar para los dos tratamientos, pero posteriormente a partir de las 4 semanas, el tratamiento a densidades de 120 organismos/m³ presentó un crecimiento ligeramente mayor (Fig. 13).



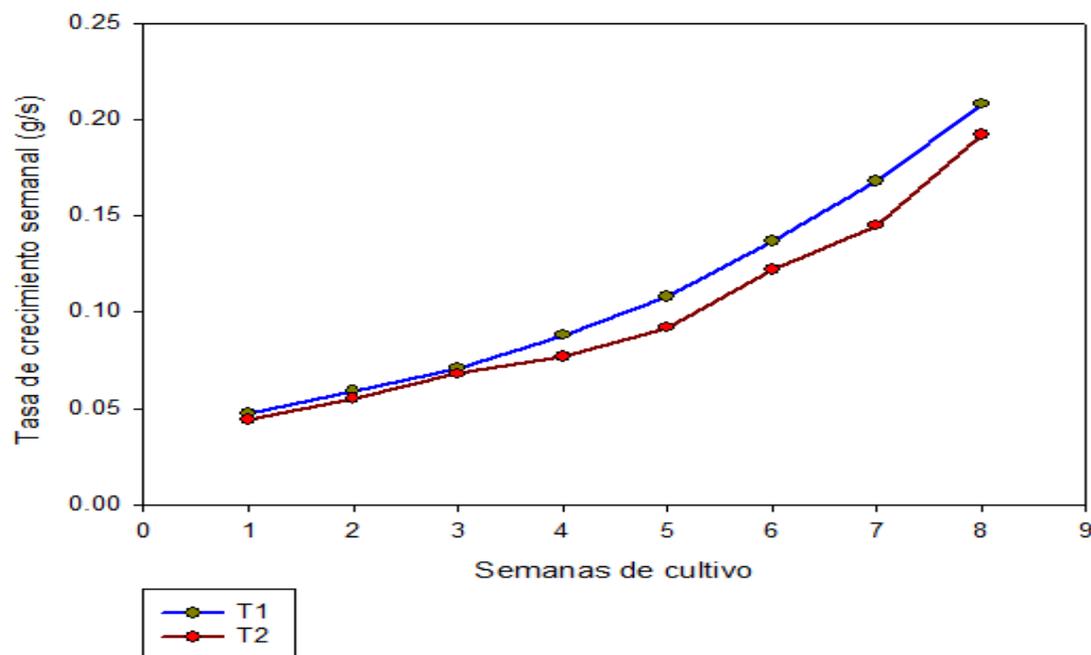


Figura 13. Tasa de crecimiento semanal de los organismos en los tratamientos T1: (120 org/m³); T2: (240 organismos/m³) durante las 8 semanas de cultivo.

6.2.2.4 Biomasa final

La biomasa fue significativamente diferente entre tratamientos (Anova; $P < 0.05$; Tabla 2). Los mayores valores a las 8 semanas de cultivo se obtuvieron con el tratamiento a densidades de 240 organismos/m³ con 35.77 ± 0.94 g, mientras que a densidades de 120 organismos/m³ fue de 20.89 ± 0.94 g.

6.2.2.5 Supervivencia

La mayor supervivencia se presentó en el tratamiento a densidades de 120 organismos/m³, con 91.02 ± 3.11 %, mientras que el tratamiento a densidades de 240 organismos/m³ fue de 87.17 ± 3.11 %, sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (Anova; $P > 0.05$; Tabla 2).

Tabla 2. Variación de los parámetros productivos de *M. acanthurus* durante 8 semanas de cultivo.

Parámetros	Tratamientos		Anova	Kruskal Wallis
	T1	T2		
Peso Final (g)	0.92±0.01 (0.913-0.929)	0.83±0.01 (0.821-0.837)		NS
Ganancia en peso (g)	0.89±0.01 (0.878-0.894)	0.79±0.01 (0.786-0.802)		NS
TCS (g/sem)	0.11±0.05 (0.042-0.208)	0.10±0.05 (0.040-0.194)		NS
Biomasa Final (g)	20.89±0.94 (19.17-22.11)	35.77±0.94 (34.17-37.58)	S	
Sobrevivencia (%)	91.02±3.11 (84.6-96.1)	87.17±3.11 (82.6-92.3)	NS	

Valores son medias ± DS (rango), n= 27 por cada tratamiento para crecimiento en peso. n=3 para Ganancia en peso, Biomasa final y Sobrevivencia. n= 24 para TCS.

T1: Densidad (120 organismos/m³); T2: 240 organismos/m³.

Resultados del análisis estadístico Kruskal Wallis y/o Anova. Diferencia significativa (S)= (P<0.05) y no significativa (NS)= P>0.05.



6.2.2.6 Sólidos sedimentables (SS) y composición del biofloc

Se pudo observar un incremento en la cantidad de los sólidos sedimentables con el aumento de la densidad de organismos, la menor cantidad se presentó a densidades de 120 organismos/m³, con 9 ml/L, mientras que la mayor cantidad se presentó a densidades de 240 organismos/m³, con 14 ml/L y esto se explica por la cantidad de alimento suministrado (Fig. 14).

En ambos tratamientos, la composición del biofloc estuvo dominada principalmente por ciliados, protozoarios, rotíferos y bacterias (Fig. 15).

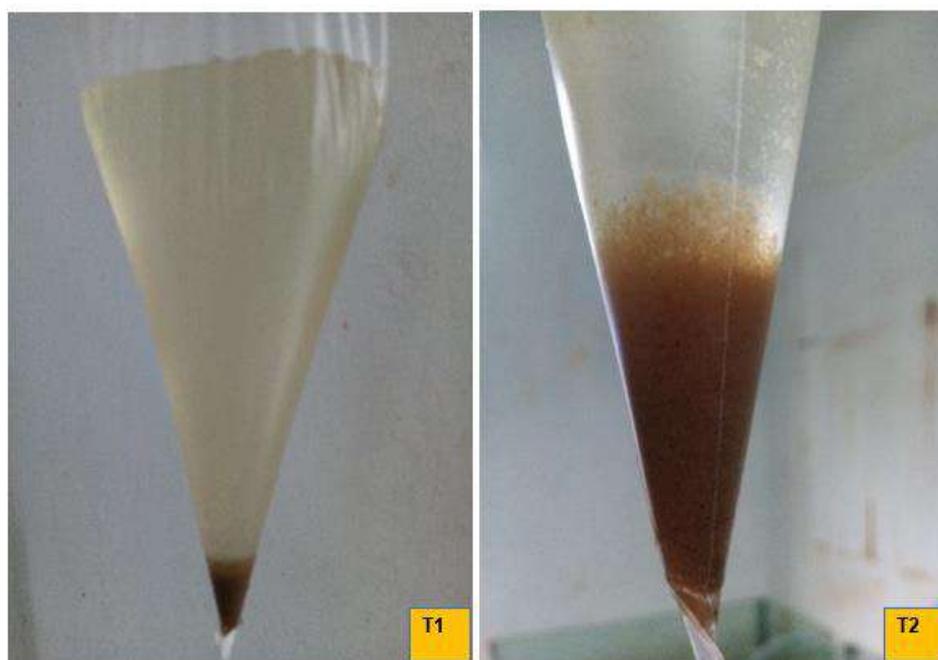


Figura 14. Sólidos sedimentables (SS) en los tratamientos (T1= 9 ml/L) y (T2= 14 ml/L).

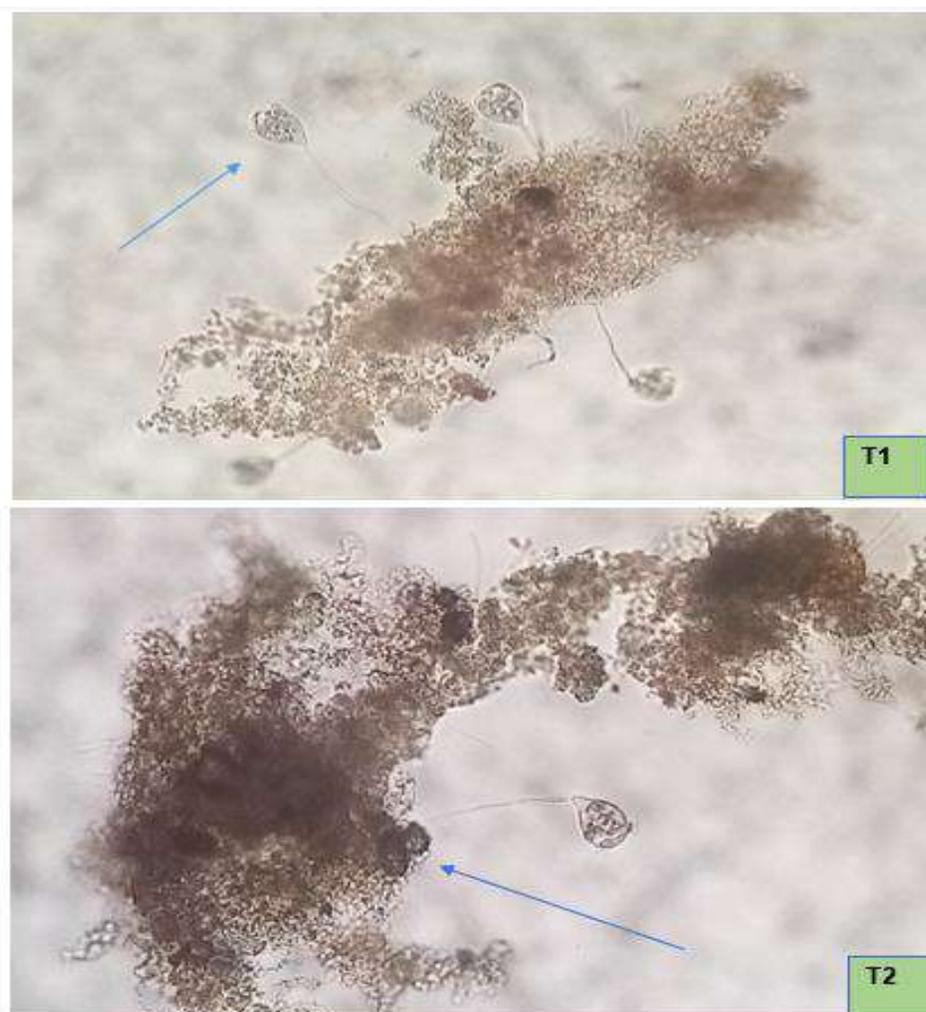


Figura 15. Composición del biofloc en los en los tratamientos. *Vorticella sp* (T1) y ciliados (T2) durante las 8 semanas de cultivo.

VI. DISCUSIÓN

7.1 Parámetros fisicoquímicos

7.1.1 Temperatura y oxígeno disuelto.

Hernández (2008), menciona que la temperatura del agua es un parámetro importante para el buen desarrollo y crecimiento de los langostinos y debe estar por arriba de 25 °C para el cultivo de *M. occidentale* y *C. quadricarinatus*. En la presente investigación y de acuerdo con los resultados obtenidos de temperatura en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos, fueron similares entre tratamientos, sin presentar diferencias significativas ($P>0.05$), con intervalos de entre 15.6-28.7 °C y una media de (24.31 ± 3.54) , sin embargo, no fueron aptos para el cultivo. Similares a los reportados por Vega *et al.*, (2011) para *M. tenellum*, con 26.9-27.2 y 29.5-29.8 °C y Zarza *et al.*, (2021) con 18-30.9 °C para *M. rosenbergii*. Mientras que para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P<0.05$), con intervalos de entre 25.1-28.9 °C. Para el caso de *M. rosenbergii*, Arana *et al.*, (2013) reportan crecimiento a temperatura de 28 °C, sin embargo, Cupertino *et al.*, (2017) mencionan que a temperatura de 28-30 °C presentan mejores rendimientos productivos. Ponce *et al.*, (2006) reportan mayor ganancia en peso a 29-32 °C, mientras que, Zarza *et al.*, (2021) mencionan que a temperatura de 30 ± 0.5 °C, muestran mayor sobrevivencia y crecimiento en larvas. Por otro lado, Vega *et al.*, (2011) mencionan que para el cultivo de *M. tenellum* debe estar en intervalos de 29-32 °C, sin embargo, Rodríguez *et al.*, (2012) mencionan que esta misma especie posee la capacidad de sobrevivir en un amplio intervalo de temperatura, donde a 29 °C acelera el crecimiento de los organismos, mientras que inferior a 22 °C y superior 36 °C presentan crecimiento lento o nulo.

El oxígeno disuelto en sistemas con biofloc debe presentar niveles mínimos de 4 mg/l (Miranda *et al.*, 2020). En el presente estudio y para el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos, fueron similares entre tratamientos, sin presentar diferencias significativas ($P>0.05$), con intervalos de entre 6.3-8.8 mg/l, además, fue influenciado directamente con la temperatura, donde, si esta aumenta, el oxígeno disuelto disminuye y viceversa. Mientras que para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, se presentaron diferencias

significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), con intervalos de entre 5-7.6 mg/l, mostrando algunas variaciones relacionadas con el aumento y disminución de la temperatura, con valores óptimos en los dos ensayos y similares a los reportados por Arana *et al.*, (2013) con 6.18 mg/l para *M. rosenbergii*, mientras que Cupertino *et al.*, (2017) reportan valores de 8.05 ± 0.42 mg/l.

6.2.3 pH y amonio total (NH_4)

Miranda *et al.*, (2020), mencionan que el pH es un parámetro de gran importancia en el cultivo hiper-intensivo de camarón y es una medida de la concentración de iones de hidrógeno, sus intervalos óptimos para el cultivo varían de 7.0 a 9.0 y es importante para que las bacterias nitrificantes puedan desarrollarse y desempeñar su función de manera adecuada en el biofloc.

Los resultados obtenidos en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos y segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) con intervalos de entre 7.3-7.6 y 7.5-7.9 UI, respectivamente, y algunas variaciones bajas pero recuperadas con la adición de bicarbonato de sodio, el cual es indispensable en cultivos biofloc para elevar la alcalinidad y fueron similares a los obtenidos por Arana *et al.*, (2013) para *M. rosenbergii* con 6.6 UI, Boada (2016) reportó intervalos de entre 7.3-8.9, Cupertino *et al.*, (2017) reportaron 7.95 ± 0.13 UI, mientras que Zarza *et al.*, (2021) reportaron 8.2-8.4 UI.

Para el caso del amonio total (NH_4) en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos no se presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) con intervalos de entre 0-1 mg/l, con niveles más altos a densidades de 180 organismos/ m^3 , con 1 mg/l y el más bajo a densidades de 60 organismos/ m^3 con 0.5 mg/l. Mientras que para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$), a densidades de 240 organismos/ m^3 , presentó intervalos más altos, con máximo de 0.5 mg/l. Este aumento en las densidades más altas de ambos ensayos se debió a la adición de mayor cantidad de alimento, lo cual ocasionó mayor cantidad de materia orgánica en el estanque, sin embargo se reportaron intervalos óptimos aceptables y por debajo a los reportados por Boada (2016) para *M. rosenbergii*, con 0.05-1.45 mg/l, Cupertino *et al.*, (2017) reportaron 0.08 ± 0.05 mg/l, sin embargo, Zarza *et al.*, (2021) reportaron 0.25-0.36 mg/l.

7.2 Parámetros productivos

7.2.1 Peso Final (g).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos, fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde el mayor peso se obtuvo a densidades de 60 y 120 organismos/ m^3 con 0.180 ± 1.8 g, sin embargo, a densidades de 180 organismos/ m^3 , presentó los valores más bajos con 0.170 ± 1.8 g, debido a mayor estrés en los organismos por variación del NH_4 , con valores de hasta 1 mg/l. Mientras que los tratamientos con densidades de 120 y 240 organismos/ m^3 , fueron similares y sin presentar diferencias significativas ($P > 0.05$.) por lo cual la densidad no afectó el peso final. Los resultados son similares a los reportados por Vega *et al.*, (2011) para *M. tenellum*, con peso final de 0.29 y 0.27 g en los meses de otoño. Mientras que en verano registraron un peso final de 4.8 y 9.3 g a densidades de 6 y 8 org/ m^2 . Para *M. rosenbergii*, Vásquez (2014) reportó 0.259 g a 17 org/ m^3 y 0.162 g a 104 org/ m^3 en 62 días. Además, se observó que el incremento en peso fue similar entre tratamientos y fue afectado directamente por la temperatura del agua ya que, si esta disminuye, el crecimiento también lo hace.

Mientras que, para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). El mayor peso se obtuvo a densidades de 120 org/ m^3 , con 0.92 ± 0.01 , mientras que a densidades de 240 org/ m^3 fue de 0.83 ± 0.01). Resultados similares a los obtenidos por Manrique (2013) para *M. amazonicum* donde reportó 3.05 g a 9 org/ m^3 durante 90 días. Para *M. rosenbergii*, Cupertino *et al.*, (2017) reportaron 2.54 ± 0.20 g a 250 org/ m^2 durante 60 días y Zarza *et al.*, (2021) reportaron 2 g a 270 org/ m^3 durante 8 semanas.

7.2.2 Ganancia en peso (g).

La ganancia obtenida en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos fue significativamente diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde el tratamiento a densidades de 60 org/ m^3 , presentó el mayor resultado con 0.160 ± 1.8 g, mientras que el tratamiento a densidades de 180 organismos/ m^3 , presentó los valores más bajos con de 0.140 ± 1.8 g, debido a mayor estrés en

los organismos por variación del NH_4 con valores de hasta 1 mg/l. Mientras que el tratamiento a densidades de 120 y 240 org/m^3 , fueron similares y sin presentar diferencias significativas ($P>0.05$). Resultados similares a los obtenidos por Zarza *et al.*, (2021) donde reportaron 0.160 g a densidad de 270 org/m^3 en *M. rosenbergii* durante 8 semanas. Cupertino *et al.*, (2017) reportaron 2.23 ± 0.20 g a densidad de 250 org/m^2 durante 60 días, mientras que

Para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p>0.05$). La mayor ganancia en peso se obtuvo a densidades de 120 org/m^3 con 0.89 ± 0.01 g, mientras que a densidades de 240 org/m^3 fue de 0.79 ± 0.01 g. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Paredes (2019) donde reportó 5 g durante 22 semanas en *M. americanum* y Boada (2016) reportó 4.86 ± 0.16 g a 41 org/m^2 durante 58 días.

7.2.3 Tasa de crecimiento semanal (g/sem).

La tasa de crecimiento semanal en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos no fue significativamente diferente entre tratamientos ($P>0.05$) donde el tratamiento a densidades de 60 org/m^3 presentó el mayor resultado con 0.016 ± 2.9 g/sem g, mientras que a densidades de 180 org/m^3 , presentó los valores más bajos con 0.014 ± 2.5 g/sem. Similares a los obtenidos por Vega *et al.*, (2011) para *M. tenellum*, donde reportaron en los meses de otoño 0.0004 y 0.015 g/sem. Mientras que en verano registraron 0.077 y 0.135 g/sem a densidades de 6 y 8 org/m^2 , sin embargo, Zarza *et al.*, (2021) reportaron 0.07 g/sem a densidad de 270 org/m^3 durante 8 semanas. Además, se pudo notar que el comportamiento de la tasa de crecimiento para los cuatro tratamientos fue influenciado por la temperatura, con valores mayores reportados para los primeros días de cultivo y fue decayendo a medida que la temperatura disminuyó.

Para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, no hubo diferencias significativas entre tratamientos, ($P>0.05$) el mayor incremento en peso se obtuvo con el tratamiento a densidades de 120 org/m^3 , con 0.11 ± 0.05 g/sem, similares a los obtenidos por Boada (2016) donde reportó 0.54 g/sem a 41 org/m^2 para *M. rosenbergii* durante 58 días.

7.2.4 Biomasa Final (g).

La biomasa final obtenida en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos fue significativamente diferente ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde el tratamiento a densidades de 240 orga/m³, presentó el mayor resultado con 5.27 ± 0.23 g/m³, mientras que el tratamiento a densidades de 60 org/m³, presentó los valores más bajos con 1.99 ± 0.23 g/m³. Para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$), la mayor biomasa se obtuvo a densidades de 240 org/m³, con 35.77 ± 0.94 g, mientras que a densidades de 120 org/m³ fue de 20.89 ± 0.94 g. Resultados similares a los reportados por Cupertino *et al.*, (2017) con 33.28 ± 1.17 g a 250 org/m² durante 60 días en *M. rosenbergii*. Ponce *et al.*, (2006) reportaron 160 g a densidad de 14 org/m² en *M. tenellum*. Además, se pudo observar y demostrar que a mayor densidad se obtiene una mayor biomasa por metro cuadrado o cúbico.

7.2.5 Sobrevivencia (%).

De acuerdo con los resultados obtenidos en el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos, fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$) entre tratamientos, donde la mayor sobrevivencia se obtuvo con el tratamiento a densidades de 60 organismos/m³, con 90.47 ± 4.12 %, mientras que a densidades de 240 organismos/m³, presentó los valores más bajos con 68.45 ± 4.49 %. Para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, la mayor sobrevivencia se obtuvo a densidades de 120 org/m³ con 91.02 ± 3.11 % y a densidades de 240 org/m³, el 87.17 ± 3.11 %, sin presentar diferencias significativas ($p > 0.05$). Porcentajes similares a los obtenidos por Manrique (2013) donde reportó el 80 % a densidades de 9 org/m³, durante 90 días en *M. amazonicum*. Ponce *et al.*, (2018) reportaron 100 % a 1 org/m³ y el 54 % a 9 org/m³ durante 152 días en *M. americanum*. Ponce *et al.*, (2006) reportaron el 50 % a 14 org/m² durante 144 días en *M. tenellum*, sin embargo, Vega *et al.*, (2011) reportaron, el 70 y 80 % en el primer y segundo cultivo en los meses de otoño. Mientras que en verano registraron un 50 y 55 % en el primer y segundo cultivo y a densidades de 6 y 8 org/m². Sin embargo, García *et al.*, (2019) reportaron el 77.7 % a 10 org/m² y el 44 % a 20 org/m² durante 60 días.

Arana *et al.*, (2013) reportaron 95 % a 5 org/m² durante 120 días en *M. rosenbergii*; mientras que Vásquez (2014) reportó 92 % a 17 org/m³ y 97 % a 104 org/m³ en 62 días. Paul *et al.*, (2016) reportaron 90.83 % a 40 org/m³ y 47.92 % a 80 org/m³ durante 150 días. Boada (2016) reportó 92.6 % a 41 org/m² durante 58 días, mientras que Cupertino *et al.*, (2017) reportaron 73±6 % a 50 org/m² durante 60 días. Zarza *et al.*, (2021) reportaron 60 % a 270 org/m³ durante 8 semanas.

7.2.6 Sólidos Sedimentables (ml/L) y composición del Biofloc.

En el primer ensayo donde se utilizaron tanques divididos, se observó un incremento en la cantidad de SS con el aumento de la densidad, la menor cantidad se presentó a densidades de 60 org/m³, con 7 ml/L, mientras que la mayor cantidad se presentó a densidades de 240 org/m³, con 11 ml/L. Para el segundo ensayo donde se utilizaron tanques individuales y con termostatos, el tratamiento a densidades de 120 org/m³ presentó la cantidad más baja con 9 ml/L, mientras que la mayor cantidad se presentó a densidades de 240 org/m³ con 14 ml/L y esto se explica por la cantidad de alimento comercial suministrado a cada tratamiento. Resultados similares a los reportados por Boada (2016) en *M. rosenbergii*, con 11.65±0.89 ml/L a 41 org/m² durante 58 días.

Por otra parte, la composición del biofloc en ambos ensayos, estuvo determinada por cinco grupos, dentro de los cuales los principales microorganismos encontrados fueron; protozoarios, ciliados, rotíferos, bacterias y nematodos. Monrroy *et al.*, (2013), reportaron diversas comunidades de organismos como microalgas, ciliados, rotíferos, nematodos, bacterias y la levadura *Rhodotorula sp* en el cultivo de tilapia. Silva (2017) reportó protozoarios, rotíferos, hongos, oligoquetos y bacterias heterotróficas en policultivo con *Oreochromis sp.* y *L. vannamei*. Zarza *et al.*, (2020, 2021) reportaron microalgas, nemátodos, rotíferos, cianobacterias, ciliados, protozoarios, paramecios, amebas, gastrotricos, heliozoos, dinoflagelados y oligoquetos en cultivo de *L. setiferus* y *M. rosenbergii* respectivamente.

VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, en el presente trabajo se concluye que;

El mayor peso final y ganancia en peso del primer ensayo se presentó a densidades de 60 organismos/m³, con peso de 0.180 ± 1.8 g y 0.160 ± 1.8 g, respectivamente. Mientras que en el segundo ensayo se registró peso de 0.92 ± 0.01 g y 0.89 ± 0.01 g respectivamente, a densidades de 120 organismos/m³.

La mayor tasa de crecimiento semanal (TCS) del primer ensayo se presentó a densidades de 60 organismos/m³, con 0.016 ± 2.9 g/sem. Mientras que en el segundo ensayo fue de 0.11 ± 0.05 g/sem a densidades de 120 organismos/m³.

Para el caso de la biomasa final, los mayores valores en ambos ensayos se presentaron a densidades de 240 organismos/m³, con 5.27 ± 0.23 g para el primer ensayo, mientras que para el segundo ensayo fue de 35.77 ± 0.94 g.

El mayor porcentaje de sobrevivencia del primer ensayo se presentó a densidades de 60 organismos/m³ con un 90.47 ± 4.12 %. Mientras que en el segundo ensayo fue de 91.02 ± 3.11 % a densidades de 120 organismos/m³.

Se observó un incremento en los sólidos sedimentables (SS) con el aumento de la densidad de siembra. La mayor cantidad en ambos ensayos se presentó a densidades de 240 organismos/m³, con 11 ml/L para el primer ensayo, mientras que para el segundo ensayo fue de 14 ml/L.

La composición del biofloc de ambos ensayos estuvieron determinadas por cinco grupos de microorganismos, los cuales fueron; protozoarios, ciliados, rotíferos, bacterias y nematodos.

La temperatura del agua afectó directamente el crecimiento del camarón de río *M. acanthurus* del primer ensayo, donde permaneció entre 15.6 - 28.7 °C, mientras que para el segundo ensayo donde se logró mantener en intervalos de 25.2 - 28.9 ° el crecimiento fue ligeramente mayor.

El oxígeno disuelto (OD) se mantuvo dentro de los intervalos recomendados para el cultivo de la especie, con valores de entre 5-8.8 mg/l en ambos ensayos.

El pH se logró mantener dentro del rango normal para el cultivo, con intervalos de entre 7.3-7.9 UI mediante adición de bicarbonato de sodio.

Para el caso del amonio total (NH_4) del primer ensayo, los niveles más altos se presentaron a densidades de 180 organismos/ m^3 , con 1 mg/l, mientras que, para el segundo ensayo los niveles más altos se presentaron a densidades de 240 organismos/ m^3 , con máximo de 0.5 mg/l, ambos ensayos con intervalos aceptables para el cultivo.



IX. APLICACIÓN PRÁCTICA

El presente trabajo evaluó el efecto que presenta la densidad de siembra en el camarón de río *M. acanthurus* sobre los parámetros productivos (peso final, ganancia en peso, tasa de crecimiento semanal, sobrevivencia y biomasa final), donde se reporta que el crecimiento se vio afectado por la temperatura del agua en cultivo y por la densidad de los organismos.

Como se pudo observar, la temperatura del agua en cultivo es un parámetro importante en el crecimiento no solo de la especie en estudio, sino también de otras especies de crustáceos y peces, por lo que es necesario la implementación de técnicas, como es el caso del uso de invernaderos para su regulación y así lograr un mejor control, principalmente en cultivos intensivos.

Por otro lado, si se desarrollan e implementan cultivos intensivos con la especie y en sistema Biofloc, es importante considerar el monitoreo continuo de los parámetros físicos y químicos del agua, donde estos están relacionados con los parámetros productivos y la calidad del agua, así como también el uso de la capacidad de carga adecuada en un estanque y que de esta forma se tomen decisiones acertadas para su control y manejo en cultivo.



X. REFERENCIAS

- Anaya-Rosas, R. E y Bückle-Ramírez, L. F. (2012). Cultivo de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en un sistema con agua de mar recirculada, como alternativa a los cultivos Semi-intensivos tradicionales. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 14(3), 16-24. <https://www.biocetnia.uson.mx>.
- Arana-Flores, N., García-Ruiz, L. y Reátegui-Tobler, J. E. (2013). Índice de mortalidad en cultivo del camarón gigante de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*) en estanques seminaturales en Loreto, Perú. *Ciencia amazónica*, 3(2), 96-103. <http://doi.org/10.22386/ca.v3i2.57>
- Avnimelech, Y. (2012). Biofloc technology -a practical guidebook. The World Aquaculture Society, Baton Rouge. 272 pp.
- Bermúdez-Almada, M., Lara-Espinoza, C. L., Espinosa-Plascencia, A., Rivera-Domínguez, M., Astorga-Cienfuegos, K. R y Acedo-Félix, E. (2015). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *Aquatic*, 43(1), 1-13. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49447307001>
- Boada-Mata, B. S. (2016). Substratos y Bioflocs en el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* en altas densidades durante la etapa de engorde [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional CONCYTEC. <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2022>
- Collazos-Lasso, L. F y Arias-Castellanos, J. A. (2015). Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. *Orinoquia*, 19(1), 77-86. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=89640816007>
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P y Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270(1-4), 1-14. <https://doi:10.1016/j.aquaculture.2007.05.006>
- Cupertino-Ballester, E. L., Silva de Castro, C., Bittencourt-Guimarães, A.T., Frozza, A., Ortiz-Kracizy, R & Negrini, C. (2017). Stocking density for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Palaemonidae) in biofloc system. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 45(5), 891-899. DOI: 10.3856/vol45-issue5-fulltext-3.
- De León-Ramirez, J. J. (2018). Establecimiento de una dieta a partir de harina de larva de mosca para juveniles de *Macrobrachium sp.* en condiciones de cultivo [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ. <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1059>
- Espinosa, J. L. (1987). El langostino un alimento en peligro. México, Ingramex. v. 10, p 19-30
- Espinosa-Chaurand, L. D., Flores, Z. C., Nolasco-Soria, L. H., Carrillo-Farnés, O. y Vega-Villasante, F. (2012). Efecto del nivel proteico de la dieta sobre el desarrollo de juveniles de *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871). *Rev. MVZ*, 17(3), 3140-3146.
- Espinosa-Chaurand, L. D., Vargas-Ceballos, M., Guzmán-Arroyo, M., Nolasco-Soria, H., Carrillo-Farnés, O., Chong-Carrillo, O y Vega-Villasante, F. (2011). Biología y cultivo de *Macrobrachium tenellum*: Estado del arte. *Hidrobiológica*, 21(2), 99-117.

- FAO. (2012) El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura Disponible en: www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf
- García-Guerrero, M. U., Becerril-Morales, F., Vega-Villasante, F. y Espinosa-Chaurand, L. D. (2013). Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(4), 651-675. <http://doi.org/103856/vol41-issue4-fulltext3>
- García-Trejo, J. F., Peña-Herrejón, A., Sánchez-Velázquez, J., Soto-Zarazúa, G.M & Rico-García, E. (2019). Effect of stocking density on growth and survival of the prawn *Macrobrachium tenellum*, cultured in a recirculating aquaculture system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(2), 342-348. <http://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-14>
- Guemez-Sorhouet, E. E. (2015). Respuesta fisiológica e inmune del camarón *Litopenaeus vannamei* bajo condiciones de alta densidad e hipoxia aguda, en presencia de flóculos biológicos y sustratos artificiales durante la precría [Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C]. Repositorio Institucional CIBNOR. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/470>
- Hernández, G. J. A. (2016). Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. [Tesis de maestría]. Centro de investigaciones biológicas del noreste, S.C. Repositorio institucional CIBNOR. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/42/1/hernandez_j.pdf
- Hernández-Moreno, L. G. (2007). Revisión sistemática del género *Macrobrachium* (Decapoda: Palaemonidae) de la península de baja california, México [tesis de doctorado, Centro de investigaciones biológicas del noroeste, S. C]. Repositorio Institucional CIBNOR. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/347/1/hernandez_1.pdf
- Hernández, M. L., Londoño, V. J., Hernández, G. K. y Torres, H. L. (2019). Los sistemas Biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *Medicina Veterinaria Y Zootecnia*, 14(1), 70-99. <https://revistas.ces.edu.co/index.php/mvz/article/view/5020>
- Hernández-Sandoval, P. (2008). Efecto de la temperatura en el crecimiento y sobrevivencia del langostino *Macrobrachium occidentale* y del acocil *Cherax quadricarinatus* [tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional]. Repositorio institucional IPN. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/3839>
- Jayachandran, K. V. (2001). Palaemonid prawn: Biodiversity, Taxonomy, Biology and Management. Enfield: Science publishers.
- Leyva-Flores, J. A. (2017). Evaluación de un cultivo de camarón (*Penaeus vannamei*) en un sistema Biofloc inducido con bacterias y microalgas de reciente aislamiento [tesis de licenciatura no publicada]. Departamento Académico de Ingeniería en Pesquerías. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Luna, M., Graziani, C., Villarroel, E., Lemus, M., Lodeiros, C y Salazar, G. (2007). Evaluación de tres dietas con diferente contenido proteico en el cultivo de postlarvas del langostino de río *Macrobrachium rosenbergii*. *Zootecnia Trop*, 25(2), 111-121. <http://www.bioline.org.br/pdf?zt07014>

- Manrique-Vargas, D. E. (2013). "Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de camarón de río (*Macrobrachium amazonicum*, Heller), criados en acuarios, provincia de alto Amazonas." [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Merchán-Pérez, L. A. (2014). Dinámica del Biofloc en cultivo intensivo de post-larva del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en un sistema de raceways [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio institucional UPSE. <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1872>
- Miranda-Baeza, A., Huerta-Rábago, J. A y Lizárraga-Armenta, J. A. (2020). Cultivo intensivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) con tecnología de biofloc (BFT), 100-102.
- Monroy-Dosta, M., De Lara-Andrade, R., Castro-Mejía, J., Castro-Mejía, G y Coelho-Emerenciano, M. G. (2013). Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de biología marina y oceanografía*, 48(3), 511-520.
- Padilla-Bustos, A. J. (2014). Supervivencia de larvas de *Macrobrachium acanthurus* y *Macrobrachium carcinus*, alimentadas con nauplio de *Artemia sp* enriquecidos con metionina y vitamina C. [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Paul, P., Rahman, A., Hossain, M. M., Islam, S., Mondal, S and Haq, M. (2016). Effect of stocking density on the growth and production of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences*, 6(1), 77-86. [Http://www.irphouse.com](http://www.irphouse.com)
- Ponce-Palafox, J. T., García-Ulloa, M. G., Arredondo-Figueroa, J. L., Hernández-Ocampo, D., Díaz-Álvarez, J., Aldama-Rojas, G., Esparza-Leal, H. (2006). El cultivo del Camarón de Agua Dulce *Macrobrachium tenellum* en estanques rústicos. *Comunicación Científica – CIVA*; 655-660. <https://www.researchgate.net/publication/268001580>.
- Ponce-Palafox, J., López-Uriostegui, F., Lango-Reynoso, F., Castañeda-Chávez, M., Galaviz-Villa, I., Montoya-Mendoza, J. & Esparza-Leal, H. (2018). Influence of density on growth and survival of freshwater prawn *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868) (Caridea: Palaemonidae) cultured in a cage-pond system. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 16(4), 2-8. <https://doi.org/10.5424/sjar/2018164-13420>
- Rojo-Cebreros, A. H. (2009). Evaluación de la factibilidad técnica y económica del policultivo de la tilapia roja *Oreochromis sp.* Con el langostino *Macrobrachium americanum* (Bate 1868) [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional IPN. <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/8181>
- Rólier-Lara, L. and Wehrmann, I. S. (2009). Reproductive Biology of the Freshwater Shrimp *Macrobrachium Carcinus* (L.) (Decapoda: Palaemonidae) from Costa Rica, Central America. *Journal of Crustacean Biology*, 29(3), 343–349. <https://doi.org/10.1651/08-3109.1>
- Silva-Reyna, S. (2017). Policultivo de tilapia *Oreochromis sp.* y del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* expuesto a diferentes salinidades en biofloc. [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Boca del Río. <http://posgrado.bdelrio.tecnm.mx/images/MaestriaAcuacultura/REPOSITORIO%20TESIS/Tesis%20MCA%20CUA%202016-2019/Saul%20Silva%20Reyna.pdf>
- Sócola, S. M. (2016). Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento y supervivencia de Post-larvas *Litopenaeus vannamei* en Raceway [tesis de maestría, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Institucional UTMACH. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/9873>

- Valverde-Moya, J y Varela-Mejías, A. (2020). Efecto de la densidad de siembra en la productividad y rentabilidad del langostino *Macrobrachium rosenbergii* en la fase de engorde en estanques. *Revista de Investigaciones Veterinarias*, 31(3), 1-16.
- Vázquez-Vázquez, D. (2014). "Efecto de cuatro densidades de carga sobre el crecimiento y ganancia de peso de postlarvas del camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) confinados en tanques de concreto en la provincia de padre abad- región ucayali". [Tesis de ingeniería no publicada]. Universidad Nacional de Ucayali.
- Vega-Villasante, F., Martínez-López, E., Espinosa-Chaurand, L. D., Cortés-Lara, M. C y Nolasco-Soria, H. (2011). Crecimiento y supervivencia del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en cultivos experimentales de verano y otoño en la costa tropical del Pacífico mexicano. *Tropical subtropical Agroecosystems*, 14(2), 581-588. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200017
- Vega-Villasante, F., Martínez-Ochoa, E. F., García-Guerrero, M. U y Arrona-Ortiz, J. D. (2015). Efecto de diferentes intensidades de luz sobre la expresión de cromatóforos, crecimiento y supervivencia en juveniles de *Macrobrachium tenellum*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 3(1), 255-261. <https://doi:10.3856/vol43-issue1-fulltext-22>
- Villafuerte-Mojica, A., Hernández-Hernández, L. H., Fernández-Araiza, M. A y Ángeles-López, O. (2016). Contribución al conocimiento de los requerimientos nutricionales del langostino nativo (*Macrobrachium acanthurus*). *Hidrobiológica*, 26 (1), 15-22. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dchs/hidro/2016v26n1/Hernandez>
- Wasielesky, W., Froes, C., Fôes, G., Krummenauer, D. & Lara, G. (2013). Nursery of *Litopenaeus vannamei* reared in a Biofloc System: The effect of stocking densities and compensatory growth. *Journal of Shellfish Research*, 32(3), 799-806. <https://doi:10.2983/035.032.0323>
- Yamasaki-Granados, S. (2012). Desarrollo larvario y biología de la muda del langostino de río *Macrobrachium spp.* (Decapoda: Palaemonidae)" [Tesis de doctorado, Universidad de Guadalajara]. Repositorio institucional Researchgate. <https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Vega-Villasante/publication/259981837>
- Zarza-Meza, E. A., Cruz-Cruz, N & Miranda-Baeza, A. (2021). Water quality and growth of juvenile specimens in giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) cultures applied in recirculation and biofloc systems. *International Journal for Innovation Education and Research* 9(5), 218 – 227.
- Zarza-Meza, E. A., Gómez-Mundo, J & Cuervo-González, R. (2020). Evaluation of growth in Atlantic white shrimp *Litopenaeus setiferus* (Linnaeus, 1767) juveniles, using biofloc as a food source in a controlled environment. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, 7(07), 89 – 96. DOI: <https://doi.org/10.29121/ijetmr.v7.i7.2020.715>
- Zarza-Meza, E. A., Tovar-Mey, A.U and Reta-Mendiola, J. L. (2021). Evaluation of the larval development of the prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de man, 1879) at different temperatures under controlled conditions. *International Journal of Science Academic Research*, 04(02), 1317-1321. <http://www.scienceijsar.com>.