



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Evaluación del crecimiento y supervivencia de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivados a diferentes salinidades y densidades de siembra

**LOAIZA GUILLEN PAUL STEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**ORDOÑEZ JUMBO LUIS DAVID
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Evaluación del crecimiento y supervivencia de camarón blanco
(*Litopenaeus vannamei*) cultivados a diferentes salinidades y
densidades de siembra**

**LOAIZA GUILLEN PAUL STEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**ORDOÑEZ JUMBO LUIS DAVID
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2022**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**Evaluación del crecimiento y supervivencia de camarón blanco
(*Litopenaeus vannamei*) cultivados a diferentes salinidades y
densidades de siembra**

**LOAIZA GUILLEN PAUL STEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**ORDOÑEZ JUMBO LUIS DAVID
INGENIERO ACUICOLA**

GALARZA MORA WILMER GONZALO

**MACHALA
2022**

Antiplagio_rev_new

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.utc.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

2

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

3

José Bermudes-Lizárraga, Mario Nieves-Soto, Alejandra Medina-Jasso, Pablo Piña-Valdez.

"Efecto de temperatura y salinidad sobre la supervivencia y desarrollo larval de *Litopenaeus vannamei*", Revista MVZ Córdoba, 2017

Córdoba, 2017

Publicación

<1 %

4

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

5

repositorio.upt.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

6

www.cenaim.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

7

www.lasallista.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

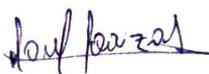
Los que suscriben, LOAIZA GUILLEN PAUL STEVEN y ORDOÑEZ JUMBO LUIS DAVID, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación del crecimiento y supervivencia de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivados a diferentes salinidades y densidades de siembra, otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



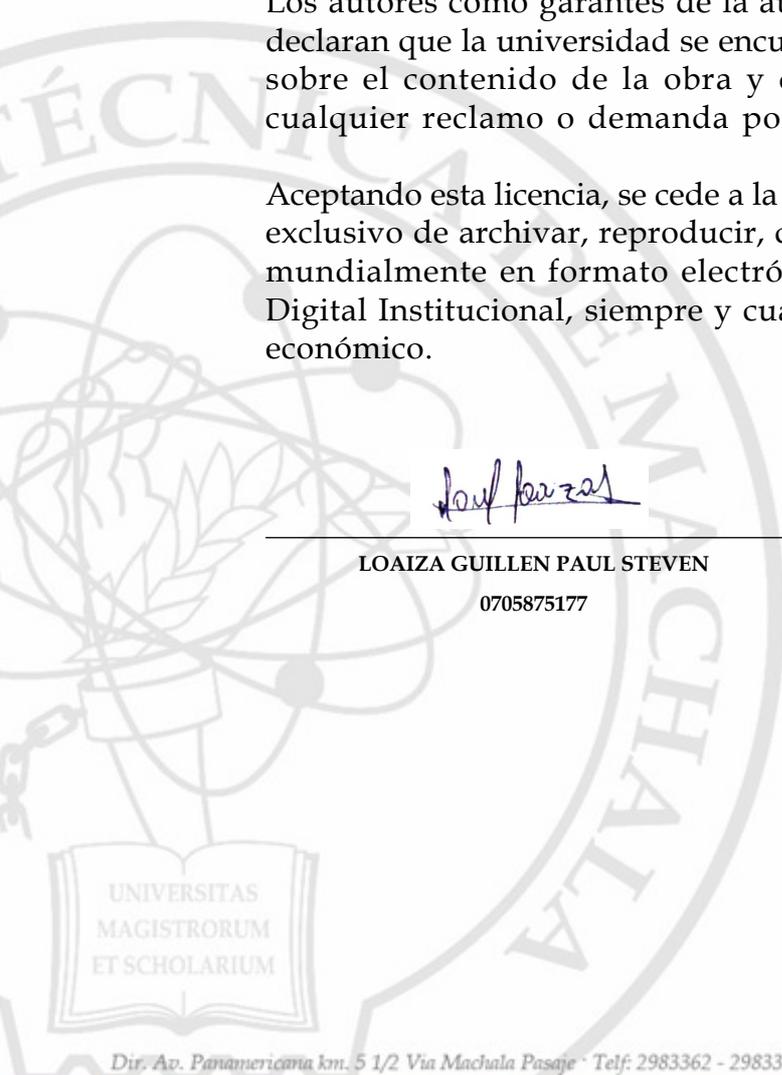
LOAIZA GUILLEN PAUL STEVEN

0705875177



ORDOÑEZ JUMBO LUIS DAVID

0704984459



UNIVERSITAS
MAGISTRO-
RUM
ET SCHOLAR-
IUM

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por guiar mi camino y a mi familia, por su esfuerzo y dedicación en el transcurso de toda mi etapa estudiantil. Además, dedico a todas las personas que de alguna u otra manera me ayudaron e impulsaron para cumplir todos mis objetivos académicos.

Paúl Loaiza Guillén

A Dios por siempre cuidarme y proteger a mis seres queridos, por la oportunidad de compartir un nuevo día junto a ellos.

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional desde el día uno, por ser el pilar fundamental de mi proyecto de vida, a ellos les debo todo, eternamente agradecido.

Luis Ordoñez Jumbo

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada principalmente a mi familia que son el pilar indispensable para llegar a donde estoy, todo es por y para ellos.

Paúl Loaiza Guillén

Le dedico este momento a mis padres, hermano, abuelos y a todas aquellas personas que contribuyeron y me ayudaron a alcanzar esta meta, sin su apoyo nada de esto sería posible.

Luis Ordoñez Jumbo

RESUMEN

Es fundamental para la sostenibilidad de la industria camaronera ecuatoriana en concordancia con el respeto al medioambiente, la reducción o el uso eficiente de las superficies utilizadas en el cultivo de camarón blanco del pacífico, existen dos métodos el primero es mejorar el FCA y el segundo intensificar la producción en estanques. Por esta razón, muchas granjas están redistribuyendo sus áreas de cultivo y construyendo canales de vivero y estanques que permitan acortar el tiempo de engorde y lograr más ciclos de producción por año. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el crecimiento y supervivencia de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* cultivados en cautiverio a diferentes salinidades y densidades de siembra, además controlar los parámetros físicoquímicos de la calidad del agua durante el tiempo de cultivo para optimizar su manejo en cultivos super-intensivos en un sistema con tecnología simbiótica. Se aplicó un experimento factorial completamente al azar, con dos tratamientos por cada factor de estudio: salinidad (2 y 5 UPS) y densidad de siembra (20 y 60 cam/tq), se utilizaron 12 unidades experimentales (tanques plásticos de 270 l) para igualar las salinidades de estudio se obtuvo agua dulce de un pozo ubicado en el municipio de El Guabo (0 UPS) y agua salada proveniente de Puerto Bolívar (35 UPS), en cuanto a la relación de densidad de siembra (100 cam/m² y 300 cam/m²) se estableció con el área de fondo de los tanques 0,20m². Se utilizó una técnica simbiótica basado en salvado de arroz, levadura y adición de melaza con bacterias probióticas, la aireación fue constante las 24 horas mediante un Brower de 1 HP, adaptado a un sistema de roscas de aireación formada por 0.60 cm. de manguera difusora aerotube (microporosa d=2.54 cm.) generando oxigenación por microburbujas. Los juveniles de camarón tuvieron un peso inicial promedio de 0,3 g, la alimentación se dividió en cuatro raciones diarias con alimento comercial, se midió el crecimiento promedio por tanque dos veces por semana y la supervivencia se calculó al final de los 35 días de duración del experimento. Los resultados obtenidos indicaron que no hubo diferencia significativa ($P \geq 0,05$) para la variable

crecimiento, sin embargo, el tratamiento B (2 UPS – 60 cam/tq) mostró un crecimiento considerablemente menor comparado con los tratamientos A, C y D que fueron muy semejantes. Por el contrario, los resultados obtenidos en la variable supervivencia mostraron una diferencia estadística significativa ($P \geq 0,05$), siendo el tratamiento C (5 UPS – 20 cam/tq) el mejor con una supervivencia del 62%. Se puede concluir que el crecimiento y supervivencia de los organismos en cultivo se relaciona directamente con el nivel de intensificación aplicado, es decir, se corresponde entre la densidad de siembra y el nivel tecnológico de producción aplicado, indistintamente de la salinidad.

Palabras claves: crecimiento, supervivencia, salinidad, densidad de siembra, simbiótica, *L. vannamei*, calidad de agua.

ABSTRACT

It is essential for the sustainability of the Ecuadorian shrimp industry in accordance with respect for the environment, the reduction or efficient use of the areas used in the cultivation of Pacific white shrimp, there are two methods, the first is to improve the FCA and the second is to intensify production in ponds. For this reason, many farms are redistributing their cultivation areas and building nursery channels and ponds to shorten the fattening time and achieve more production cycles per year. The present work aims to evaluate the growth and survival of white shrimp *Litopenaeus vannamei* grown in captivity at different salinities and stocking densities, as well as to control the physicochemical parameters of water quality during culture time in order to optimize their management in super-intensive culture in a system with symbiotic technology. A completely randomized factorial experiment was applied, with two treatments for each study factor: salinity (2 and 5 UPS) and planting density (20 and 60 cam/tq), 12 experimental units were used (270 l plastic tanks) to equalize the study salinities, fresh water was obtained from a well located in the municipality of El Guabo (0 UPS) and salt water from Puerto Bolivar (35 UPS), as for the planting density ratio (100 cam/m² and 300 cam/m²) was established with the bottom area of the tanks 0.20m². A symbiotic technique based on rice bran, yeast and addition of molasses with probiotic bacteria was used. Aeration was constant for 24 hours by means of a 1 HP Brower, adapted to a system of aeration threads formed by 0.60 cm. of aerotube diffuser hose (microporous d=2.54 cm.) generating oxygenation by microbubbles. The juvenile shrimp had an average initial weight of 0.3 g, feeding was divided into four daily rations with commercial food, the average growth per tank was measured twice a week and survival was calculated at the end of the 35 days of the experiment. The results obtained indicated that there was no significant difference ($P \geq 0.05$) for the growth variable, however, treatment B (2 UPS - 60 cam/tq) showed considerably lower growth compared to treatments A, C and D which were very similar. On the contrary, the results obtained for the

survival variable showed a significant statistical difference ($P \geq 0.05$), with treatment C (5 UPS - 20 cam/tq) being the best with a survival of 62%. It can be concluded that the growth and survival of organisms in culture is directly related to the level of intensification applied, i.e., it corresponds between the planting density and the technological level of production applied, regardless of salinity.

Keywords: growth, survival, salinity, culture density, symbiotics, *L. vannamei*, water quality,

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	V
1. INTRODUCCIÓN	16
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
3. JUSTIFICACIÓN.....	18
4. OBJETIVOS	20
4.1. Objetivo general	20
4.2. Objetivos específicos	20
5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	21
5.1. Características biológicas de <i>Litopenaeus vannamei</i>	21
5.2. Sistemas de cultivo de camarón en América Latina	22
5.3. Cultivo de camarón (Camaronicultura) en Ecuador	23
5.4. Sistemas de Recirculación Acuícola (RAS).....	24
5.5. Cultivo de camarón blanco en baja salinidad.....	24
5.6. Sistemas de producción superintensiva para el cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i> 25	
5.7. Tecnología Biofloc (BFT) y otros sistemas intensivos basados en comunidades microbianas.....	26
5.7.1 Tecnología Biofloc (basada en heterótrofos, también conocida como 'BFT puro')	27
5.7.2 Tecnología Biofloc (basada en quimioautótrofa)	27
5.7.3 Simbiótica	28
5.8. Principales parámetros de calidad del agua en Tecnología Biofloc (BFT)	29

5.9.	Aireación en sistemas intensivos basados en comunidades microbianas	30
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
6.1.	Equipos y materiales	32
6.1.1	Trabajos de gabinete	32
6.1.2	Trabajos en campo	32
6.2.	Metodología	33
6.2.1	Ubicación del área de estudio	33
6.2.2	Diseño experimental	33
6.2.3	Salinidad de cultivo	35
6.2.4	Densidad de siembra	35
6.2.5	Diseño del área de experimentación	35
6.2.5.1	Aireación	35
6.2.5.2	Preparación del agua (Técnica simbiótica)	36
6.2.6	Manejo del ensayo	36
6.2.6.1	Análisis microbiológico del agua	36
6.2.6.2	Obtención de juveniles <i>Litopenaeus vannamei</i>	36
6.2.6.3	Aclimatación	36
6.2.6.4	Alimentación	37
6.2.6.5	Control de parámetros fisicoquímicos (calidad de agua)	38
6.2.7	Variables de estudio	38
6.2.7.1	Crecimiento (Ganancia de peso)	38
6.2.7.2	Supervivencia	39
6.2.8	Análisis estadístico	39
7.	RESULTADOS	41
7.1.	Efecto de la densidad y salinidad de cultivo en el crecimiento	41
7.2.	Efecto de densidad y salinidad de cultivo en la supervivencia	42

7.3. Calidad de agua	44
7.3.1 Temperatura	44
7.3.2 Oxígeno disuelto	45
7.3.3 pH	45
7.3.4 Nitrógeno amoniacal total (TAN)	46
7.3.5 Alcalinidad y balance iónico	47
8. DISCUSIÓN	48
9. CONCLUSIONES	51
10. RECOMENDACIONES	52
11. REFERENCIAS	53
12. ANEXOS	64

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Anatomía general externa del camarón peneido	21
Figura 2. Granja retro-adaptada que muestra una unidad de sedimentación, estanques de producción y un reservorio.	23
Figura 3. Mapa de ubicación de la Estación de Maricultura.	33
Figura 4. Croquis del experimento con la distribución aleatoria de los tratamientos objeto de estudio.	34
Figura 5. Efecto de la salinidad y densidad de siembra sobre el crecimiento de los juveniles de <i>L. vannamei</i> . Muestreo de crecimiento realizado dos veces por semana.	41
Figura 6. Efecto de la salinidad y densidad de siembra sobre la supervivencia final en el cultivo de camarón.	43
Figura 7. Comportamiento de los niveles de nitrógeno amoniacal total durante el día, a lo largo de todo el experimento.	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales parámetros de calidad del agua monitoreados en sistemas BFT y sus rangos ideales y/o normales observados.....	30
Tabla 2. Caracterización de los tratamientos objeto de estudio. ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3. Cálculo de relación de siembra por tanque.....	35
Tabla 4. Tabla de aclimatación a la salinidad.....	37
Tabla 5. Prueba de efecto intergrupos para los dos factores de estudio (salinidad y densidad) sobre el crecimiento de juveniles de <i>L. vannamei</i>	42
Tabla 6. Prueba de efecto intergrupos para los dos factores de estudio (salinidad y densidad) sobre el crecimiento de juveniles de <i>L. vannamei</i>	44
Tabla 7. Variación de la temperatura durante el día, en el transcurso de todo el experimento.	44
Tabla 8. Variación de la concentración de oxígeno durante el día, a lo largo de todo el experimento.....	45
Tabla 9. Variación de pH durante el día, en el transcurso de todo el experimento.	46
Tabla 10. Figura 8. Alcalinidad y balance iónico final de cada tratamiento.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo a. Análisis microbiológico del agua.....	64
Anexo b. Área del experimento.....	64
Anexo c. Peso de los organismos obtenidos de la camaronera CAMPAN.	64
Anexo d. Aclimatación de juveniles de <i>L. vannamei</i> en tanques de fibra de 1000L	65
Anexo e. Siembra de los camarones en las unidades experimentales, tanques plásticos de 270L.	65
Anexo f. Tabla de alimentación utilizada en el experimento, adaptada al control de crecimiento y supervivencia semanal.	65
Anexo g. Medición de Nitrógeno Amoniacal Total (TAN) mediante el uso de kit colorimétrico.	65
Anexo h. Muestreo de crecimiento.....	65
Anexo i. Registros de crecimiento por tanque, tomado dos veces por semana.	66
Anexo j. Registro de control de parámetros por tanque.	66

1. INTRODUCCIÓN

Los camarones marinos son un producto de marisco popular, especialmente en los Estados Unidos, Japón, China y la Unión Europea. La demanda de camarones ha aumentado más allá de la cantidad que puede suministrar la pesca de captura, y la producción de camarones cultivados ha aumentado constantemente desde la década de 1970 (FAO, 2020). El camarón de cultivo reflejó en 4.966 Tm de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, 0.751 Tm de camarón tigre negro *Penaeus monodon* y 0.287 Tm de otras especies de camarones peneidos (Boyd et al., 2021).

El cultivo de *Litopenaeus vannamei* representa uno de los sectores de mayor crecimiento y rentabilidad en la industria acuícola mundial. Varias características, incluidas las altas tasas de crecimiento, la supervivencia y la tolerancia a múltiples rangos de salinidades, explican por qué el camarón blanco representa el 77 por ciento de la producción total de camarones cultivados.

La producción de camarón en el país es una actividad altamente rentable, así lo indican las estadísticas que muestran cómo más del 40% de las exportaciones nacionales corresponden al sector camaronero, generando empleo para más de 180 000 personas. Las características climatológicas y de suelo permiten al granjero ecuatoriano cosechar de 3 a 4 ciclos anualmente, distinguiéndose el producto final por su sabor único (Gonzabay-Crespin et al., 2021).

La presente investigación está orientada en presentar una recolección de datos donde se indique en qué condiciones de intensificación en aguas de baja salinidad aplicando un sistema basado en simbiótica, tiene mejor rendimiento el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo de camarón necesita terrenos amplios para operar granjas. El terreno requerido para las camaroneras por lo general es, entre 1,2 y 2,2 veces el área del agua de los estanques de cultivo (Boyd et al., 2022).

Ante los problemas de calidad del agua y fuentes de contaminación por actividades antrópicas debido al crecimiento de las ciudades cercanas, implementar los sistemas semi cerrados con mínimo recambio de agua, que se desarrollan en zonas de continente con aguas salobres o cercanas a 0 UPS de salinidad, donde se minimiza el impacto del recurso hídrico, reduciendo así los riesgos de enfermedades y contaminantes peligrosos (Piedrahita, 2018).

En Ecuador, cada invierno se presentan lluvias intensas que bajan considerablemente la salinidad en los estuarios, afectando así la producción normal de las camaroneras que utilizan estas aguas en sus estanques de producción. El cultivo a baja salinidad conlleva una serie de retos, como la gestión del medio ambiente por las carencias de ciertos minerales, y la gestión de sistemas de recirculación y densidades superiores a las tradicionales (Molina et al., 2019).

En los últimos años la aplicación de los sistemas intensivos ha ido ganando terreno, es así como entre los años 2015-2020 gran parte de los productores decidieron optar por aumentar las densidades de siembra, llegando a cosechar entre 2000 a 2500 libras por hectárea, pudiéndose considerar el sistema intensivo como el modelo general actual. Los productores se han enfocado además en mejorar las líneas genéticas de las larvas de camarón, esto les ha permitido obtener una especie mucho más resistente a los cambios climáticos y resistencia a enfermedades (Gómez-Bolaños et al., 2020).

3. JUSTIFICACIÓN

Un aspecto importante ha sido el establecimiento de cultivos de camarón de baja salinidad para el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en zonas continentales cerca de la costa de lo que alguna vez se consideró factible. Sin embargo, el rápido desarrollo del cultivo de baja salinidad en áreas de agua dulce que se utilizan predominantemente para la producción agrícola representa ahora un gran desafío para reducir el uso de la tierra y el agua (Flaherty et al., 2000).

El propósito de producir mayores biomásas en menos m² de terreno, estuvo influenciado por la elevada demanda y por surgimiento de enfermedades que continuamente generaban pérdidas económicas. El deseo de mitigar los problemas que afectan las enfermedades ha llevado a los acuicultores a preferir sistemas intensivos más controlados con mayor bioseguridad. Además, estos ambientes controlados generalmente pueden permitir que se cosechen más cultivos por año y optimizar el uso de la tierra y la granja.

En Ecuador es fundamental para seguir produciendo, la reducción del uso de tierra en cultivo de camarón blanco, las dos maneras son mejorar el FCA e intensificar la producción en estanques. Por esta razón, muchas granjas están redistribuyendo sus áreas de cultivo y construyendo canales de vivero y estanques que permitan acortar el tiempo de engorde y lograr más ciclos de producción por año.

El cultivo de camarón en zonas continentales con altas densidades de población y con aguas de baja salinidad es el futuro de la producción de camarón en el Ecuador. Por tal motivo, incrementar los datos de estudios realizados con este tipo de características de cultivo es primordial para poder ir perfeccionando este sistema y determinar si el

Litopenaeus vannamei tiene mejores rendimientos en condiciones de intensificación en aguas de baja salinidad o aguas salobres.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar el crecimiento y supervivencia de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* cultivado en cautiverio a diferentes salinidades y densidades de siembra.

4.2. Objetivos específicos

- Analizar los efectos de dos diferentes densidades de siembra (100 Plm², 300 Plm²) y dos diferentes salinidades, sobre el crecimiento del camarón blanco.
- Determinar los efectos de dos diferentes densidades de siembra (100 Plm², 300 Plm²) y dos diferentes salinidades, sobre la supervivencia de *L. vannamei*.
- Estimar los parámetros fisicoquímicos adecuados de la calidad del agua de cultivo durante el periodo de experimentación en un sistema simbiótico aplicable al manejo de cultivos super-intensivos.

5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

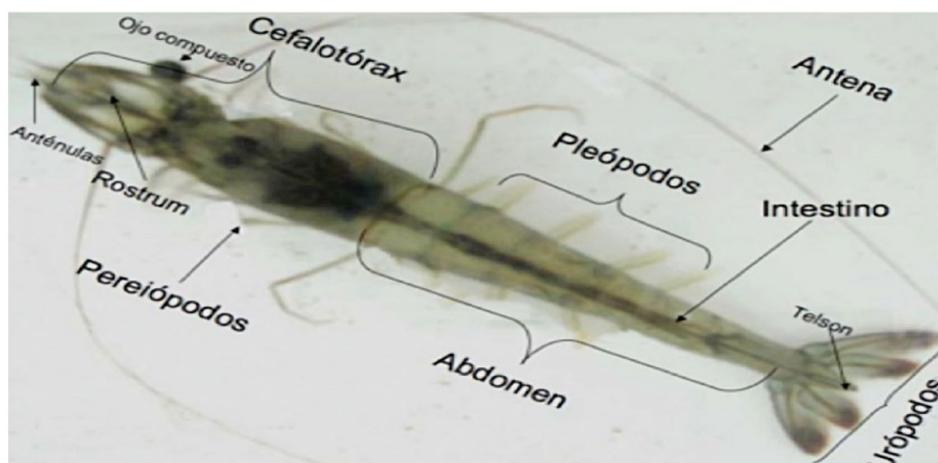
5.1. Características biológicas de *Litopenaeus vannamei*

El camarón pata blanca, *P. vannamei* vive en ambientes marinos tropicales y es originario de la Costa Este del Pacífico de México y se distribuye hasta el Sur de Perú. A esta especie le atraen aquellas zonas con temperaturas por encima de los 25°C durante todo el año. Los camarones hembra a diferencia de los machos, crecen más rápido.

Este crustáceo pertenece al Phylum Arthropoda, en el cual están caracterizados organismos con la presencia de apéndices y un exoesqueleto o también llamado cutícula que durante todo su desarrollo cambian constantemente (Dugassa & Gaetan, 2018).

Las próximas etapas de las larvas incluyen Protozoa, mysis y la etapa temprana de las post larvas, respectivamente. Los protozoos se alimentan de fitoplancton (algas unicelulares), mientras que las mysis y las postlarvas en estadio temprano se alimentan principalmente de zooplancton (rotíferos, artemias y copépodos).

Figura 1. Anatomía general externa del camarón peneido



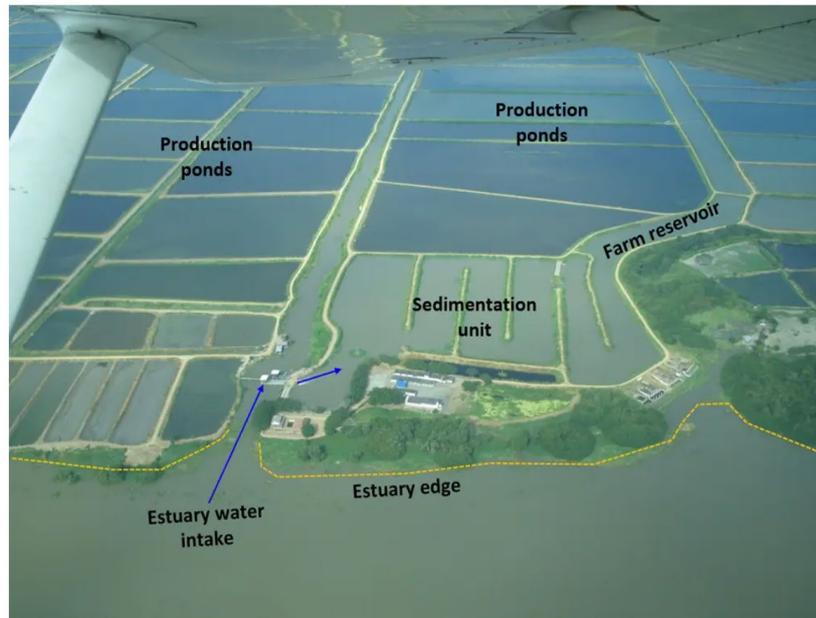
Fuente: Marisol (2018)

5.2. Sistemas de cultivo de camarón en América Latina

En Sudamérica, las granjas camaroneras manejan comúnmente sistemas semi-intensivos y se siembran de 15-20 cam/m². Un pequeño porcentaje de las granjas camaroneras han podido convertirse con éxito de modos de producción semi-intensivos a más intensivos, con una marcada tendencia a minimizar el recambio de agua en los estanques, en muchos lugares se están ensayando estrategias de intercambio de agua, dirigidas a evitar enfermedades como tanto sea posible y en la reducción de los efectos secundarios indeseables relacionados con los efluentes de agua (Wurmann et al., 2008).

Las unidades de producción en América Latina se basan principalmente en estanques de tierra más grandes (de 5 a 10 hectáreas) usando post-larvas cultivadas en laboratorio. En estos casos, el cambio se da a estanques incluso más pequeños cubiertos con revestimientos de plástico y, finalmente, con estanques cerrados. Se utilizan techos (como invernaderos), muy altas densidades de PL, el uso de buena calidad balanceada la alimentación y las mediciones continuas de la calidad del agua también son prácticas comunes. En la mayoría casos y países, también hay una marcada tendencia a implementar estrategias de selección de sitios, métodos de construcción y técnicas agrícolas compatibles con la sostenibilidad a largo plazo del entorno (Huerta & Darryl, 2017).

Figura 2. Granja retro-adaptada que muestra una unidad de sedimentación, estanques de producción y un reservorio.



Fuente: (Huerta & Darryl, 2017)

5.3. Cultivo de camarón (Camaronicultura) en Ecuador

Actualmente Ecuador se sitúa como uno de los principales productores de camarón a nivel global, así durante los últimos años se registró un incremento en el número de hectáreas sembradas lo que en consecuencia le ha permitido exportar más toneladas de camarón como por ejemplo a la Unión Europea.

La tecnificación de los cultivos ha permitido mantener la producción paralelamente a la aparición de patógenos y a las densidades de siembra utilizadas hace ya varios años, otra prueba de que la camaronicultura en el país se ha ido desarrollando conforme a las exigencias de mercado. Durante los inicios de la pandemia a causa del COVID 19, las exportaciones nacionales de camarón crecieron un 6% en 2020, cerca de 350 mil toneladas más respecto a años anteriores (Gonzabay-Crespin et al., 2021).

5.4. Sistemas de Recirculación Acuícola (RAS)

El ingreso de nutrientes y energía a los ecosistemas de cultivo representan un vector de contaminación por el ingreso de patógenos y otras enfermedades, debido a ello se suelen realizar cambios de agua regularmente para eliminar comunidades bacterianas no beneficiosas para los organismos, la acumulación de alimento, heces y animales muertos son inclusive en bajas concentraciones tóxicos y/o letales para ciertas especies.

Xu et al., (2020), destacan que los sistemas de recirculación utilizados en el cultivo intensivo de camarones es una técnica innovadora la cual funciona bajo la actividad principal de los denominados “biofiltros” al ser estos los espacios en donde las bacterias reducen y transforman el amonio presente en los tanques de cultivo.

Así mismo, Xu et al., (2020), indican que el agua que se usa en los sistemas de recirculación no representa el ambiente más adecuado para el crecimiento de especies detritívoras como el camarón blanco del Pacífico; además agregan que la tecnología necesaria y los elevados costos de producción dificultan la expansión de esta técnica como comercial.

5.5. Cultivo de camarón blanco en baja salinidad

El camarón blanco del Pacífico se considera una especie osmorreguladora altamente eficiente que puede tolerar una amplia gama de salinidades de 0,5 a 50 ppt (Xu et al., 2017). La supervivencia y el crecimiento deficientes, así como la baja tolerancia al estrés y la resistencia a las enfermedades, se han convertido en factores restrictivos para el cultivo de *L. vannamei* de baja salinidad (<5‰) tierra adentro (Lin & Chen, 2003).

Los animales acuáticos requieren más energía para la osmorregulación a niveles bajos de salinidad y, según se informa, *L. vannamei* necesita una energía adicional significativa (20 a 50% de la energía metabólica total) para los procesos de osmorregulación (Hurtado et al., 2007 ; Lv et al., 2013 ; Faleiros et al., 2018).

5.6. Sistemas de producción superintensiva para el cultivo de *Litopenaeus vannamei*

La intensificación sostenible es un enfoque prometedor para aumentar la producción de camarones, cuando existe una competencia cada vez mayor por el uso de recursos finitos (p. ej., tierra y agua), pero también cuando existe la necesidad de un entorno más controlado y bioseguro. El éxito de la intensificación sostenible depende del entorno de cultivo, pero también de la biología del camarón, con una crianza y nutrición apropiadas críticas para suministrar animales e insumos de calidad a los sistemas de cultivo superintensivo (Joffre et al., 2018).

Los sistemas super-intensivos han sido adaptados, basados en: si se cultiva al aire libre o en interiores, tipo de producción de una o varias fases, así como las limitaciones de la granja existente, infraestructura, personal calificado, presupuestos y recursos operativos (Krummenauer et al., 2014).

Se están utilizando muchos sistemas y estrategias diferentes para la producción superintensiva de camarones. Los métodos cambian e incluyen sistemas microbianos 'puros' (p. ej., tecnología biofloc) a 'híbridos' (p. ej., BioRAS), sistemas 'tróficos mixtos', sistemas de agua clara con altas tasas de intercambio de agua, y sistemas acuícolas de recirculación (RAS). Las estrategias operativas que se emplean para la acuicultura

superintensiva varían desde la producción en una sola fase hasta la producción en múltiples fases que incorporan sistemas de vivero (Ulloa et al., 2020).

El incremento en las densidades de siembra conlleva a una mejora sustancial de los procesos y técnicas utilizadas en los sistemas de cultivo, con el fin de otorgar condiciones estables para los organismos. La microbiota presente en el agua debe ser regulada y/o modificada, es decir mejorar la calidad de agua, para ello existen diversas opciones que permiten controlar la proliferación de microorganismos patógenos. El uso de estas técnicas están orientadas a la biorremediación del medio. (Galkanda-Arachchige et al., 2020 ; Oliveira et al., 2020).

5.7. Tecnología Biofloc (BFT) y otros sistemas intensivos basados en comunidades microbianas

Ante la escasez y la competencia con la tierra y el agua, la sostenibilidad de la acuicultura tendrá que depender del desarrollo vertical, mediante la mejora de los entornos de cultivo, el incremento de la producción final y la innovación de las tecnologías acuícolas. La tecnología Biofloc (BFT) ha surgido como una nueva alternativa para la acuicultura sostenible, que podría contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la FAO relacionados con la seguridad alimentaria (Abdel, 2020).

Esta tecnología tiene importantes ventajas como minimizar el consumo de agua, reciclar nutrientes, materiales orgánicos y reducir la introducción de patógenos. El enfoque sostenible de este sistema se basa en el crecimiento de microorganismos en el entorno de cultivo, que tiene un intercambio de agua limitado. También, la aparición de meiofauna en el cultivo de camarón trae consigo varios beneficios, principalmente debido a la alta

concentración de proteínas y de ácidos grasos poliinsaturados (Ibarra-Mayorga et al., 2021).

5.7.1 Tecnología Biofloc (basada en heterótrofos, también conocida como 'BFT puro')

Gran dependencia de las bacterias heterótrofas para controlar los compuestos tóxicos de N, a menudo se observa que la aplicación de un inóculo maduro (basado en biofloc) acelera el proceso de maduración microbiana. Alta relación C:N (normalmente 15–20:1) y rutina aportes externos de carbono generalmente durante todo el ciclo (Luna-González et al., 2017).

Niveles de sólidos en suspensión (p. ej., sólidos sedimentados) que normalmente varían de 5 a más de 10 mL/L, comúnmente se utilizan clarificadores, separadores de proteínas y/o cámaras de sedimentación para controlar los sólidos suspendidos (Ferreira et al., 2021).

Bajas tasas intermedias de intercambio de agua para eliminar el lodo y los sólidos, con frecuencia se observa una caída en el pH y la alcalinidad. Aplicación rutinaria de probióticos en el agua, fuentes de carbonato y bicarbonato y otros minerales. Las partículas de biofloc tienen bajo contenido en lípidos (Panigrahi et al., 2020).

5.7.2 Tecnología Biofloc (basada en quimioautótrofa)

Se basa en la producción de bacterias quimioautótrofas (nitrificantes) para controlar los compuestos nitrogenados, ya que la aplicación de un inóculo basado en quimioautotróficos maduros acelera el proceso de maduración microbiana (Santiago de Melo Filho et al., 2020).

Relación C:N intermedia (~10:1) con bajo contenido de carbono externo se puede aplicar insumos (normalmente hasta los primeros 30 a 50 días) o incluso ninguno. Bajos niveles de sólidos en suspensión (p. ej., sedimentación de sólidos, normalmente hasta 5 mL/L), se usan principalmente clarificadores, los skimmers de proteínas y/o las cámaras de sedimentación para controlar los sólidos en suspensión (Arnold et al., 2020).

Se utiliza como protocolo probióticos en el agua y control intensivo de los niveles de alcalinidad con la aplicación de carbonato y bicarbonato y otras fuentes minerales para controlar los cambios bruscos de pH y alcalinidad. Se realiza un intercambio de agua mínimo solo para deshacer los lodos y los sólidos del fondo (Ray & Lotz, 2017).

5.7.3 Simbiótica

Existe poca información científica disponible sobre la aplicación de este sistema.

Se promueve una mezcla entre algas y bacterias para controlar los compuestos nitrogenados. Alta capacidad de digestión de materia orgánica por bacterias heterótrofas (degradantes), es recomendable una adición rutinaria de aportes de carbono fermentado externo (aeróbico, anaeróbico o ambos), con o sin la adición de enzimas exógenas, lo que normalmente representa una relación C:N intermedia (10–15:1) (Hussain et al., 2021).

Se esperan niveles bajos de sólidos en suspensión. Por lo general no se utilizan clarificadores, desnatadores de proteínas y/o cámaras de sedimentación para controlar los sólidos en suspensión. Se debe realizar tasas de intercambio de agua intermedias para eliminar el lodo y los sólidos en suspensión (Esparza-Leal et al., 2016).

En un estudio realizado por Moustafa et al., (2020) sugiere la aplicación rutinaria de probióticos de agua, fuentes de carbonato y bicarbonato para controlar la alcalinidad (el

pH es normalmente estable), donde se espera altas cargas de bacterias, es posible que no se produzca una intensa floración de zooplancton.

5.8. Principales parámetros de calidad del agua en Tecnología Biofloc (BFT)

El mantenimiento y control de la calidad del agua en la acuicultura son las prácticas esenciales que apuntan al éxito de los ciclos de cultivo. En los sistemas de crianza aplicando biofloc (BFT), los compuestos nitrogenados, especialmente el amoníaco y el nitrito, tienen que ser controlados por vías microbianas, principalmente a través de la actividad de bacterias heterótrofas y quimioautótrofas (Soltes Ferreira et al., 2020).

La comprensión de los parámetros de calidad del agua y sus interacciones en BFT son cruciales para el correcto desarrollo y mantenimiento del ciclo productivo. La relación N:P (normalmente utilizando valores de nitrato y ortofosfato) influirá en la comunidad autótrofa que se producirá en el sistema (p. ej., clorofitas frente a cianofitas). En la Tabla 1 se muestran los mismos rangos recomendados de parámetros de calidad del agua y / o rangos normales observados para especies tropicales (p.ej., camarones marinos “*Litopenaeus vannamei*” y tilapia) como ayuda para el control de la calidad del agua (Coelho Emerenciano et al., 2017).

Tabla 1. Principales parámetros de calidad del agua monitoreados en sistemas BFT y sus rangos ideales y/o normales observados.

Parámetro	Rangos ideales y/o normales observados	Observaciones
Oxígeno disuelto	Mayor de 4.0 mg/L (ideal) y al menos 60% saturación	Para una correcta respiración y crecimiento de peces, camarones y microbiota
Temperatura	28-30°(ideal para especies tropicales)	Además de peces/camarones, bajas temperaturas (-20°C) podrían afectar el desarrollo microbiano
pH	6.8 - 8.0	Valores menores de 7.0 son normales en BFT pero podrían afectar el proceso de nitrificación
Salinidad	Dependientemente de la especie cultivada	Es posible generar BFT desde 0 a 50 ppt.
TAN	Menos de 1mg/L (ideal)	Los valores de toxicidad son dependientes del pH
Nitritos	Menos de 1mg/L (ideal)	Parámetros críticos (difíciles de controlar). Debería prestarse especial atención sobre los niveles de proteína del alimento, salinidad y alcalinidad
Nitratos	0.5 - 20 mg/L	En estos rangos, generalmente no tóxicos para animales cultivados.
Ortofosfatos	0.5 - 20 mg/L	En estos rangos, generalmente no tóxicos para animales cultivados.
Alcalinidad	Más de 100 mg/L	Valores más altos de alcalinidad ayudarán en la asimilación de nitrógeno por las bacterias heterotróficas y proceso de nitrificación por las bacterias
Sólidos sedimentados	Ideal: 5-15 mL. L (camarón), 5-20 (alevines de tilapia) y 20-50 mL. L (tilapias juveniles y adultas)	Niveles altos de sólidos sedimentados (medidos en conos Imhoff) contribuirán al consumo de OD por la comunidad heterotrófica y oclusión branquial
Sólidos totales suspendidos	Menos de 500 mg L	Lo mismo que los sólidos sedimentados

Fuente (Coelho Emerenciano et al., 2017)

5.9. Aireación en sistemas intensivos basados en comunidades microbianas

Se han desarrollado varios tipos de sistemas de aireación en la acuicultura para mejorar la eficacia de la aireación. La bomba vertical, los rociadores de bomba, las bombas aspiradoras de hélice, las ruedas de paletas y el sistema de difusor de aire son los sistemas más comunes en la acuicultura en estanques (Boyd, 1998).

Un esfuerzo para aumentar la concentración de oxígeno disuelto en las aguas del estanque es mediante la aplicación de un sistema de aireación de fondo. El número de puntos de aireación en el fondo del estanque supuestamente afecta la solubilidad del oxígeno y el rendimiento de la cría de camarones (Makmur et al., 2018).

Un requisito para la formación de bioflocs es una alta oxigenación de los tanques de cultivo, que se proporciona principalmente mediante dispositivos de aireación. La elección del sistema de aireación es crucial para obtener una alta productividad en el

sistema. Según Avnimelech (2009), los aireadores se insertan en los cultivos por varias razones: (a) para suministrar oxígeno a los animales más allá de sus limitaciones, manteniendo altas densidades de población y productividad; (b) distribuir el oxígeno en los tanques de cultivo horizontal y verticalmente; (c) mezclar la columna de agua; y (d) oxigenar la cobertura de sedimentos.

La aireación de microburbujas (MB) se desarrolló para generar MB con un diámetro de menos de 100 μ m. Debido a su pequeño tamaño, las MB poseen un área interfacial gas-líquido más grande, una presión interna más alta y una velocidad de ascenso más lenta, lo que aumenta la eficiencia de la transferencia de aire (Li P. , 2006). Por lo tanto, las MB se aplicaron en la industria acuícola y agrícola para mejorar la aireación y las condiciones fisiológicas de los organismos (Endo et al., 2008).

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Equipos y materiales

6.1.1 Trabajos de gabinete

Equipos:

- Portátil Dell Core i5

Software:

- Word 2019
- Hojas de cálculo de Google
- IBM SPSS Statistics 22

6.1.2 Trabajos en campo

Materiales:

- Libreta
- Lápiz
- Tanque de plástico de 270L
- Llaves de paso de plástico
- Tapones de 3/4'
- Manguera de 1/8'
- Baldes de plástico
- Manguera microporosa
- Balde de plástico
- Malla

Material biológico:

- 480 juveniles de *L. vannamei*

Equipos:

- Blower
- Balanza digital
- pHmetro digital
- Salinometro digital
- Oxigenometro
- Kit de amonio

Insumos:

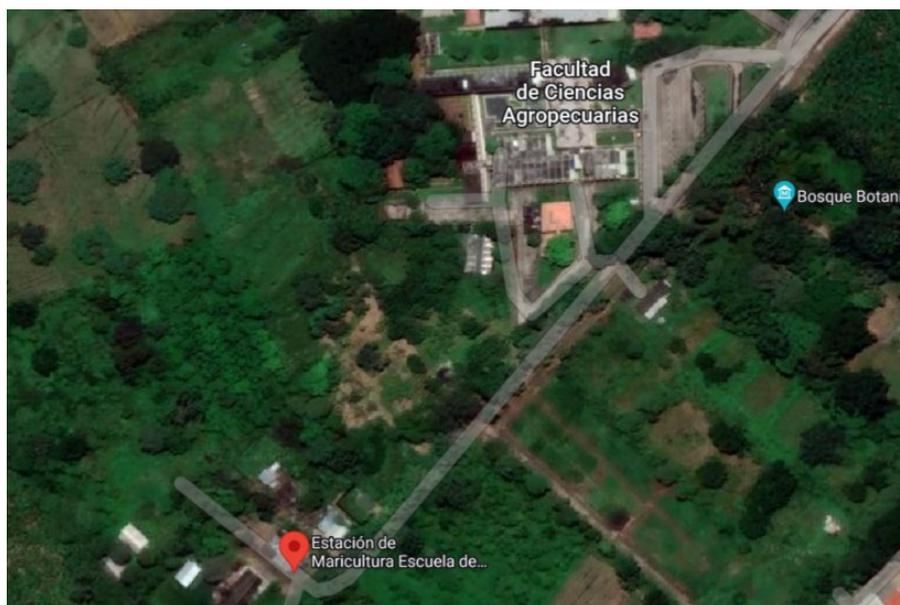
- Alimento balanceado Haid y Nicovita.
- Melaza
- Mix bacterias (Starpond, HGS-7)
- Prokura

6.2. Metodología

6.2.1 Ubicación del área de estudio

La presente investigación se desarrolló en la Estación de Maricultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, en Machala provincia de El Oro – Ecuador, ubicada en las coordenadas -3.2934102927343565, -79.91520332560114 (Figura 3).

Figura 3. Mapa de ubicación de la Estación de Maricultura.



Fuente: Obtenido de Google maps.

6.2.2 Diseño experimental

La presente investigación es de tipo experimental, el tiempo de desarrollo del estudio una vez sembrados los camarones en las distintas unidades experimentales fue de 35 días.

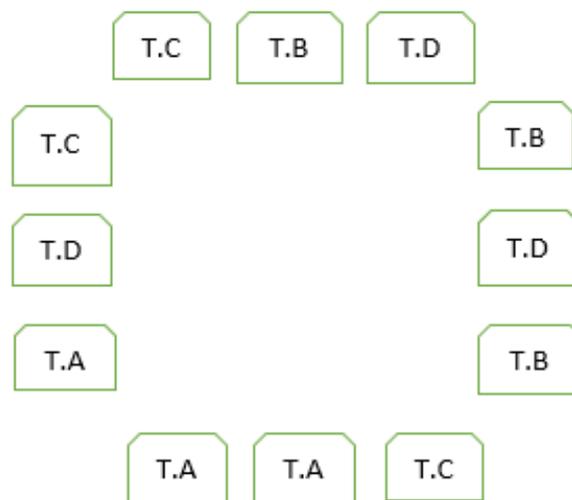
El estudio experimental se desarrolló con la utilización de un Experimento Factorial Completamente al Azar No Fraccionado 2^2 , ya que se manipularon dos factores de estudio, “salinidad” (2 UPS y 5 UPS), y “densidad de siembra” (20 cam/tq y 60 cam/tq), cada factor de

estudio con dos variables respectivamente, formándose 4 combinaciones de tratamientos replicadas 3 veces generando 12 unidades experimentales (tanques plásticos de 270L) . Los tratamientos fueron distribuidos de forma completamente al azar en todas las unidades experimentales, para realizar la aleatorización y replicación de las combinaciones de tratamientos se utilizó la “TABLA DE NÚMEROS ALEATORIOS” con un material y entorno experimental homogéneo (Figura4).

Tabla 2. Caracterización de los tratamientos objeto de estudio

N°	Identificación	Factor de estudio A "Salinidad"	Factor de estudio B "Densidad de siembra"	Combinación de tratamientos
1	A	2 UPS	20 cam/tq	2 UPS - 20 cam/tq
2	B	2 UPS	60 cam/tq	2 UPS - 60 cam/tq
3	C	5 UPS	20 cam/tq	5 UPS - 20 cam/tq
4	D	5 UPS	60 cam/tq	5 UPS - 60 cam/tq

Figura 4. Croquis del experimento con la distribución aleatoria de los tratamientos objeto de estudio.



6.2.3 Salinidad de cultivo

Para el ajuste de salinidades de las aguas de cultivo, el agua dulce se obtuvo de un pozo de El Guabo (0 UPS) y el agua salada de Puerto Bolívar (35 UPS), se estableció 6 tanques con 2 UPS y 6 tanques a 5 UPS.

6.2.4 Densidad de siembra

La relación de densidad de siembra del segundo factor de estudio (100 cam/m² y 300 cam/m²) se estableció con el área de fondo de los tanques (unidad experimental). Por lo tanto, se sembró 20 cam/tq en el T.A-T.C y 60 cam/tq T.B-T.D, a continuación, se detalla el cálculo del cual se obtuvo estos datos:

Tabla 3. Cálculo de relación de siembra por tanque

100 cam/m ²	300 cam/m ²
$100 \text{ cam} - 1 \text{ m}^2$ $x - 0.20 \text{ m}^2$	$300 \text{ cam} - 1 \text{ m}^2$ $x - 0.20 \text{ m}^2$
X=20 cam/tq	X= 60 cam/tq

Fuente: Elaborado por autores

6.2.5 Diseño del área de experimentación

6.2.5.1 Aireación

La aireación al sistema de cultivo fue proporcionada a través de un blower de 1 HP, mediante una tubería de ½' como línea principal, se dividió en 12 fuentes conectadas a una manguera de ½' y está conectada a una manguera difusora microporosa que permanecía en el fondo de cada

tanque, la cual genera micro burbujas siendo la mejor aireación para este tipo de sistemas con mínimo recambio de agua, donde se controlaba la presión del aire mediante una llave de paso.

6.2.5.2 Preparación del agua (Técnica simbiótica)

El agua fue tratada 15 días antes de la siembra en cada unidad experimental, se aplicó un sistema de cultivo simbiótico basado en polvillo de arroz, levadura y chutes de melaza con bacterias probióticas y biorremediadoras que se adicionaba diariamente, con el propósito de mantener los niveles de NAT en rangos óptimos para la especie en cultivo, además que intervienen activamente en la degradación de la materia orgánica, como lo indican (Manan et al., 2017).

6.2.6 Manejo del ensayo

6.2.6.1 Análisis microbiológico del agua

Antes de iniciar el experimento, se envió una muestra de agua de cada unidad experimental al laboratorio BIOMAR para determinar la presencia de *vibrio sp*, mediante un análisis microbiológico del agua (Anexo a), con la finalidad de evidenciar un ambiente libre de microorganismos patógenos, que pueda alterar los resultados del estudio.

6.2.6.2 Obtención de juveniles *Litopenaeus vannamei*

Los juveniles se obtuvieron de la camaronera “CAMPAN” ubicada en el km 11 de la vía Balosa, la salinidad de cultivo era de 10 UPS y un peso promedio de 0,3g.

6.2.6.3 Aclimatación

Los juveniles fueron colocados en dos tanques de 1000L igualados a 10 UPS de salinidad para el proceso de aclimatación, y posteriormente realizar la siembra en los tanques de experimentación de acuerdo con los tratamientos determinados.

La aclimatación se desarrolló mediante la tabla de aclimatación expuesta en la conferencia Caballo de troya (2022) y así mismo, se fue compensado los niveles de balance iónico manteniendo una relación de 28: 3: 1: 1 (Na: Mg: Ca: K), lo cual permitió tener un estrés mínimo y una supervivencia superior al 98%.

Tabla 4. Tabla de aclimatación a la salinidad

RANGO DE SALINIDAD	TIEMPO EN HORAS
34 - 30	4
30 - 25	6
25 - 20	8
20 - 15	10
15 - 10	14
10 - 5	18
5 - 2	20

Fuente: Caballo de troya, (2022)

6.2.6.4 Alimentación

El alimento balanceado proporcionado fue de la marca HAID para cultivo de camarón en baja salinidad, contenido de proteína 42%, utilizado hasta un peso promedio de los camarones de 4g (de acuerdo con el peso de cada tratamiento), a partir de ese peso, se hizo una mezcla entre dos tipos balanceados HAID y NICOVITA hasta el final del experimento.

Se utilizó una tabla de alimentación establecida en la estación de maricultura en investigaciones previas (Anexo f), y se fue adaptando de acuerdo con la ganancia de peso medida dos veces por semana, las revisiones diarias de residuos de alimento y la mortalidad observada diariamente.

Se aplicaron 4 dosis de alimentación diaria (8:00am – 11:30am – 2:00pm y 5:00pm) con el propósito de que el alimento sea mejor aprovechado por los camarones, disminuyendo residuos y lixiviación del alimento suministrado, lo cual que genera deterioro en la calidad de agua.

6.2.6.5 Control de parámetros fisicoquímicos

- Oxígeno disuelto (OD), Temperatura (°C) y pH fueron medidos dos veces al día, mañana y tarde (9h00am y 16h00pm). El OD se midió con un Oxigenometro YSI 550A, el pH con un pHmetro digital y la temperatura con un equipo AZ 8373.
- Nitrógeno amoniacal total (TAN) se midió una vez al día con un kit colorimétrico.
- El control de balance iónico (Na: Mg: Ca: K) y alcalinidad se realizó un análisis semanalmente en el laboratorio de BIOMAR.

6.2.7 Variables de estudio

6.2.7.1 Crecimiento (Ganancia de peso)

Se llevo un registro de peso dos veces por semana, establecidos los miércoles y sábados, la muestra fue obtenida con una maya diseñada artesanalmente, se tomó el peso promedio de los camarones de unidad experimental. Se utilizo una balanza gramera digital de 0.01g de apreciación. El cálculo de ganancia de peso final fue determinado mediante la siguiente fórmula:

$$Gp = pf - pi$$

Donde:

Gp: ganancia de peso

pf: peso final

pi: peso inicial

6.2.7.2 Supervivencia

La supervivencia fue medida al finalizar el experimento, pero se fue evidenciando de manera visual diariamente, los cuales fueron retirados, para la cosecha se secaron los tanques de cultivo y se contó los camarones vivos para determinar la supervivencia final aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Sup (\%)} = (\text{pf/pi}) * 100$$

Donde:

Sup (%): Porcentaje de supervivencia del tratamiento

pf: población final del tratamiento

pi: población del tratamiento

6.2.8 Análisis estadístico

Para determinar si se presenta o no efecto de interacción entre los niveles de los dos factores de estudio: salinidad (2 UPS y 5 UPS) y densidad de siembra (20 cam/tq y 60 cam/tq) se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) Factorial Intergrupos. En caso de presentarse efecto de interacción se realizó una modificación en la matriz de datos, en función de determinar la mejor combinación de tratamientos. Si no se presenta efecto de interacción entre los tratamientos de cada factor de estudio se determinaron los efectos principales de cada factor de estudio por separado.

Para la representación de los resultados estadísticos obtenidos se usaron gráficos de barras simples, en los cuales se presentan las medias de las variables crecimiento y supervivencia en cada combinación de tratamiento, así como las diferencias y similitudes entre ellos, además,

cada barra fue identificada con una letra de acuerdo con los resultados de la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan.

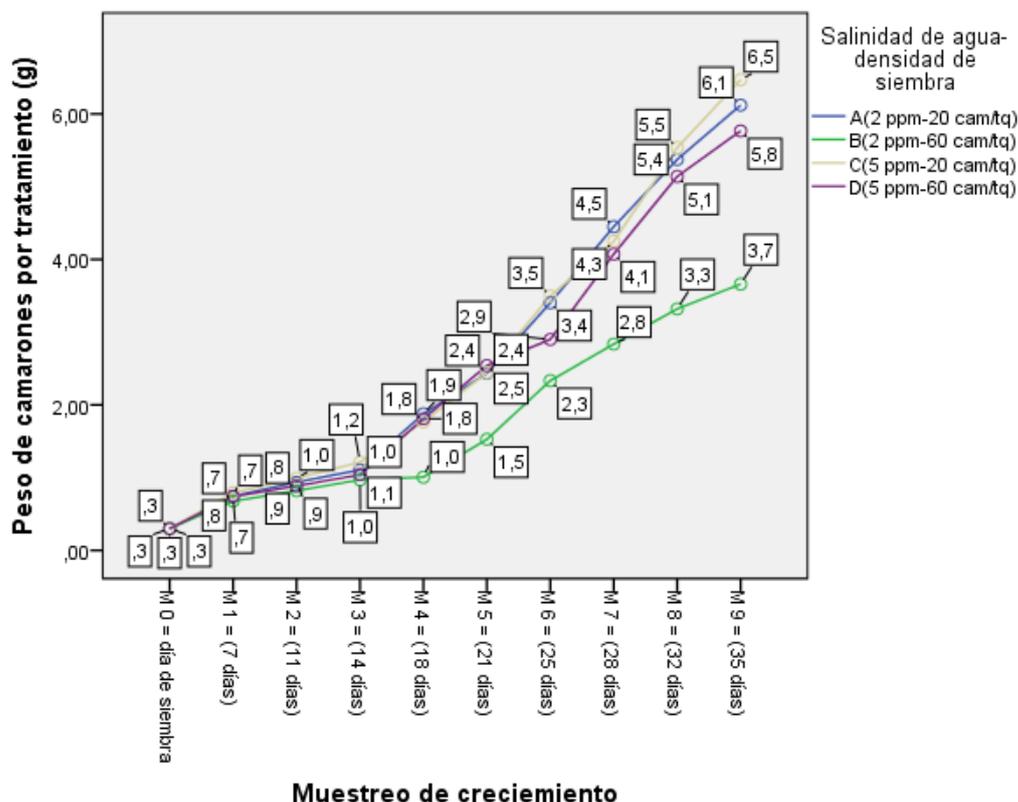
El análisis estadístico de los datos fue ejecutado con la utilización del software estadístico SPSS Statistics 22 compatible con Windows 11, el nivel de significancia utilizado en las pruebas estadísticas fue del 0,05.

7. RESULTADOS

7.1. Efecto de la densidad y salinidad de cultivo en el crecimiento

El crecimiento de los juveniles sometidos a diferentes salinidades y densidades de siembra, fue levemente superior los tratamientos C(5 UPS - 20cam/tq) y A(2 UPS - 20cam/tq) con menor densidad de siembra, indistintamente de la diferencia de salinidades 6.17 y 5.82g respectivamente, el tratamiento D(5 UPS - 60cam/t) con mínima diferencia 5.47g de crecimiento. Por el contrario, el tratamiento B(2 UPS – 60cam/tq) tuvo un crecimiento considerablemente menor 3.40g comparado con los tratamiento C, A y D durante los 35 días de cultivo, evidenciando que a menor salinidad y mayor densidad de siembra disminuye el crecimiento de los juveniles, como se evidencia en la figura 5. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas, aunque se presente una diferencia práctica.

Figura 5. Efecto de la salinidad y densidad de siembra sobre el crecimiento de los juveniles de *L. vannamei*. Muestreo de crecimiento realizado dos veces por semana.



En la tabla 5 se muestra el análisis de varianza que muestra el efecto de la salinidad y densidad de siembra sobre el crecimiento de los juveniles de camarón, evidenciándose que no existe una diferencia estadística significativa entre los niveles de los dos factores de estudio, debido a que el p-valor fue de 0,190, siendo mayor a alfa, por lo tanto, se concluye que la salinidad y densidad de siembra no presentan un efecto sobre el crecimiento de los juveniles de *L. vannamei*.

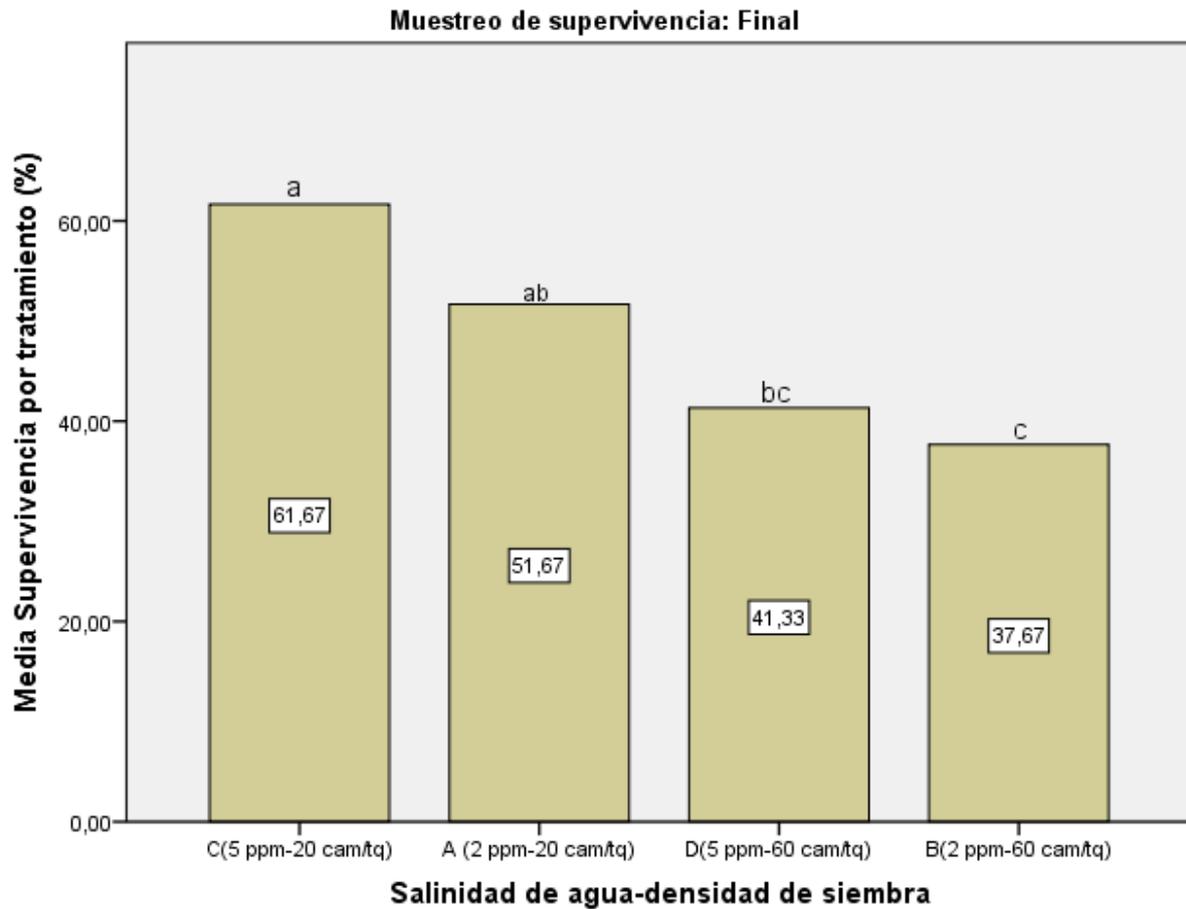
Tabla 5. Prueba de efecto intergrupos para los dos factores de estudio (salinidad y densidad) sobre el crecimiento de juveniles de *L. vannamei*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre grupos	18,732	3	6,244	1,612	0,190
Dentro de grupos	445,45	116	3,875		
Total	468,18	119			

7.2. Efecto de densidad y salinidad de cultivo en la supervivencia

En la figura 6, se puede constatar mejores índices de supervivencia en el tratamiento C (mayor salinidad y menor densidad de siembra) al igual que en crecimiento, lo que refleja, a menor salinidad y mayor densidad los camarones van a estar más susceptibles a contraer alguna enfermedad que les provoque la muerte. Los tratamientos con menor densidad de siembra (A y C) tuvieron una mejor supervivencia de 52 y 62% correspondientemente, mientras que los tratamientos (B y D) con mayor densidad de siembra independiente de la salinidad se obtuvo supervivencias notablemente bajas 38 y 41% respectivamente.

Figura 6. Efecto de la salinidad y densidad de siembra sobre la supervivencia final en el cultivo de camarón.



Nota. Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor menor a 0,05 (prueba de Duncan).

En la tabla 6 se observa el análisis de varianza del efecto de la salinidad y densidad de siembra sobre la supervivencia de los juveniles. El ANOVA de factor intergrupos refleja que existe una diferencia estadística significativa entre los niveles de los dos factores de estudio, debido a que el p-valor fue de 0,001, siendo menor a alfa, por ende, se concluye que la salinidad y densidad de siembra presentan un efecto de interacción en la supervivencia de los juveniles de *L. vannamei*.

Tabla 6. Prueba de efecto intergrupos para los dos factores de estudio (salinidad y densidad) sobre el crecimiento de juveniles de *L. vannamei*.

Muestreo de supervivencia		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Final	Entre grupos	1054,25	3	351,417	8,606	0,007
	Dentro de grupos	326,667	8	40,833		
Total		1380,917	11			

7.3. Calidad de agua

7.3.1 Temperatura

La temperatura se midió dos veces de manera diaria, durante los primeros días estuvo por debajo del rango óptimo, cabe recalcar que el experimento se empezó en el término de transición de verano a invierno, sin embargo, después de la primera semana este parámetro se mantuvo estable y en los rangos recomendados para la especie en cultivo. En la tabla 7 se presenta los valores promedios controlados en la mañana (9:00am) $27,10 \pm 0,82$ y medidos en la tarde (4:00pm) una temperatura más ideal $28,60 \pm 0,92$.

Tabla 7. Variación de la temperatura durante el día, en el transcurso de todo el experimento.

TRATAMIENTOS	Temperatura \pm DE (°C) - 9:00am	Temperatura \pm DE (°C) - 4:00pm
A	$27,09 \pm 0,86$	$28,58 \pm 0,92$
B	$27,07 \pm 0,85$	$28,63 \pm 0,93$
C	$27,13 \pm 0,78$	$28,58 \pm 0,91$
D	$27,09 \pm 0,78$	$28,59 \pm 0,92$
TOTAL	$27,10 \pm 0,82$	$28,60 \pm 0,92$

- D.E.: Desviación Estándar

7.3.2 Oxígeno disuelto

Presentando niveles mínimos de oxígeno $5,91 \pm 0,18$ en la mañana y en la tarde $8,22 \pm 0,26$ en todo el experimento (Tabla 8). La concentración de oxígeno disuelto se mantuvo en rangos óptimos para la especie estudiada durante todo el experimento. La aireación proporcionada fue constante las 24 horas del día, mediante la utilización de un blower de 1 HP y manguera micro-positiva generando microburbujas, siendo la aireación más propicia para este sistema de cultivo simbiótico, con mínimo recambio de agua.

Tabla 8. Variación de la concentración de oxígeno durante el día, a lo largo de todo el experimento.

TRATAMIENTOS	Oxígeno disuelto \pm DE (mg/l) - 9:00am	Oxígeno disuelto \pm DE (mg/l) - 4:00pm
A	$5,95 \pm 0,16$	$8,26 \pm 0,28$
B	$5,88 \pm 0,20$	$7,98 \pm 0,30$
C	$5,92 \pm 0,20$	$8,32 \pm 0,20$
D	$5,90 \pm 0,17$	$8,02 \pm 0,24$
TOTAL	$5,91 \pm 0,18$	$8,22 \pm 0,26$

- D.E.: Desviación Estándar

7.3.3 pH

El rango de pH como se observa en la tabla 9, se mantuvo ligeramente alcalino en todos los tratamientos. Se realizaron dos mediciones diarias, donde se demuestra que no hubo una variación significativa diariamente que genere estrés en los organismos de cultivo, el pH elevado en la mañana se corregía con adición de melaza y bacterias biorremediadoras y al final de la tarde se mantenía dentro de los rangos ideales. Se obtuvieron valores promedios de $7,96 \pm 0,20$ y en la tarde pH establecido en $8,04 \pm 0,20$.

Tabla 9. Variación de pH durante el día, en el transcurso de todo el experimento.

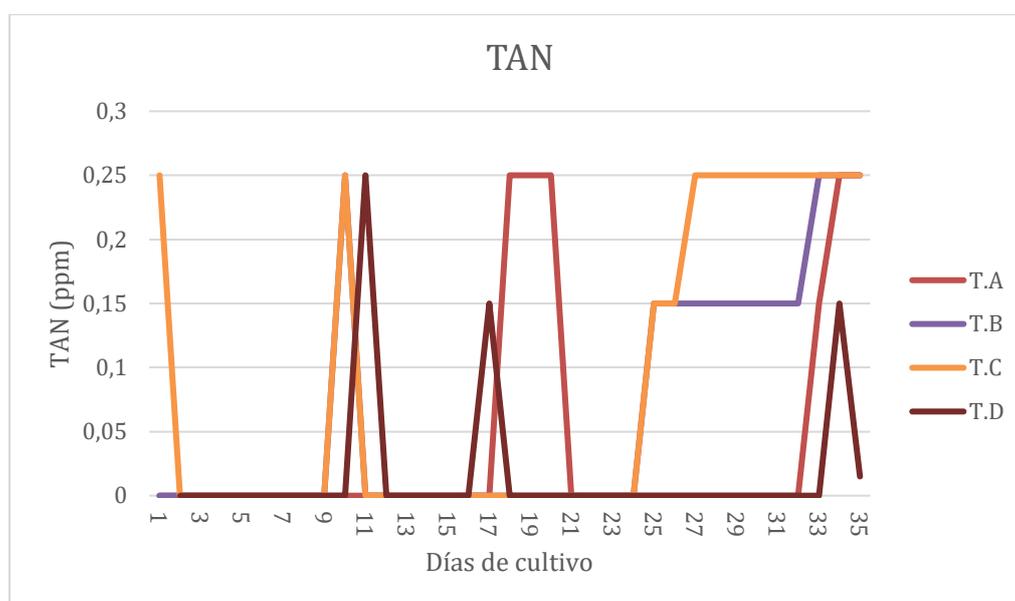
TRATAMIENTOS	pH ± DE (UPS) - 9:00am	pH ± DE (UPS) - 4:00pm
A	8,04 ± 0,22	8,09 ± 0,22
B	7,97 ± 0,19	8,06 ± 0,19
C	7,97 ± 0,22	8,05 ± 0,21
D	7,85 ± 0,17	7,94 ± 0,18
TOTAL	7,96 ± 0,20	8,04 ± 0,20

- D.E.: Desviación Estándar

7.3.4 Nitrógeno amoniacal total (TAN)

Los niveles de amonio, uno de los principales parámetros a considerar por su toxicidad, estuvieron controlados durante todo el tiempo de cultivo, demostrando así, la eficacia del sistema simbiótico aplicado, siendo la concentración más alta de 0,25 ppm durante todo el experimento (Figura 7).

Figura 7. Comportamiento de los niveles de nitrógeno amoniacal total durante el día, a lo largo de todo el experimento.



7.3.5 Alcalinidad y balance iónico

El control de estos parámetros es fundamental para lograr un óptimo crecimiento de *L. vannamei* en salinidades bajas, debido a que, menos sales menor es la concentración de iones en el agua. Por lo tanto, el análisis de balance iónico y alcalinidad en todas las unidades experimentales se lo realizó dos veces por semana, con el propósito de poder corregir en el caso de existir deficiencia independientemente en cada tanque. Al final del experimento se tuvo una concentración elevada de alcalinidad, no afecta al cultivo y ayuda a mantener una mínima fluctuación de pH y un balance iónico propicio para la especie en cultivo (Tabla 10).

Tabla 10. Alcalinidad y balance iónico final de cada tratamiento.

TRATAMIENTOS	Alcalinidad - Final	Balance iónico (Ca, Mg, K) - Final
A	230,44	46,19 - 189,62 - 180
B	158,7	41,57 - 169,20 - 200
C	236,97	66,65 - 283,82 - 200
D	206,53	69,26 - 301,32 - 190

8. DISCUSIÓN

En primer lugar, hay que hacer énfasis sobre el tipo de sistema de utilizado, un sistema aplicando tecnología simbiótica con mínimo recambio de agua, un aspecto de mucha importancia ya que pudo haber tenido relación respecto los resultados obtenidos sobre las variables de respuesta observadas. Al final de la presente investigación la mayor tasa de supervivencia se evidenció en el tratamiento C (5 UPS – 20 cam/tq) con un 62%, estos se asemejan a los obtenidos por los autores Arzola et al. (2008) en donde se reportó 71% de sobrevivencia de camarones aclimatados a salinidades cercanas a las del presente trabajo (2 UPS).

El uso de tecnología biofloc (BFT) en sistemas indoor parece ser una alternativa con índices de sobrevivencia aceptables, como los reportados por Esparza et al. (2016), en donde se criaron camarones (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas BFT a diferentes salinidades, alcanzando una sobrevivencia del 73% a una salinidad de 8 UPS durante 28 días sin recambios de agua, lo que sugiere que a salinidades levemente más altas, podría observarse mayor tasa de sobrevivencia.

La segunda tasa de supervivencia más alta observada en el presente trabajo se registró en el tratamiento A (2 UPS - 20 cam/tq) alcanzando el 52%, es decir hubo, al igual que en C mayor sobrevivencia con los camarones sembrados a menor densidad respecto a los tratamientos B y D (60 cam/tq), resultados similares registraron Krummenauer et al. (2011), quienes en su prueba sembraron juveniles de *L. vannamei* de 0,97 g a tres densidades de siembra (150 cam/m², 300 cam/m², 450 cam/m²) en un sistema biofloc, encontrando que el mejor porcentaje (92%) de sobrevivencia se presentó en el tratamiento con menor densidad de organismos.

Suwoyo & Hendrajat, (2021) sembraron juveniles de camarón de 0,14 g a salinidades entre 15 – 25 UPS y a tres densidades de cultivo (100 cam/m³, 200 cam/m³, 300 cam/m³), de acuerdo con los resultados, encontraron que la tasa de supervivencia de los juveniles disminuye respecto al incremento de organismos sembrados inicialmente, alcanzando el 95% de sobrevivencia en el tratamiento con menor densidad de siembra, y 80% en el tratamiento con mayor densidad.

En otra investigación Suantika et al., (2018) indicaron que no se encontró diferencia estadística significativa en el peso final y crecimiento de camarones cultivados en un sistema híbrido super-intensivo a baja salinidad y altas densidades de siembra, estas fueron: 500 pl/m³, 750 pl/m³ y 1000 pl/m³; estos resultados concuerdan con los obtenidos por los autores, quienes mencionan que no hubo diferencia estadística significativa en el crecimiento de juveniles, aunque para efectos prácticos pueda considerarse que hubo un crecimiento levemente mayor en los tratamientos con baja densidad de siembra. También Suantika et al., (2018) en el mismo estudio indicaron que si hubo diferencia estadística significativa para la supervivencia de camarones con respecto a la densidad de cultivo, así el tratamiento cultivado a menor densidad (500 pl/m³), presentó las tasas de supervivencia más altas (70%) respecto a las observadas en los otros tratamientos (750 pl/m³ y 1000 pl/m³), en donde se registraron tasas de 53 y 40% respectivamente. Los resultados sobre las sobrevivencias registradas se asemejan a las obtenidas en el presente experimento, lo que sustenta el argumento de que la densidad de siembra es un factor limitante en el cultivo de camarones.

Según estudios realizados por Li et al., (2017) enfatizan que el camarón blanco a baja salinidad suele mostrar un crecimiento lento, baja inmunidad, alta susceptibilidad a

patógenos y alta demanda energética, lo que coincide con los resultados del experimento, ya que el tratamiento C, con salinidad de 2 UPS fue el que obtuvo menor crecimiento.

Con respecto a la calidad de agua los valores de temperatura a partir de la segunda semana se mantuvieron entre 27 – 30°C durante el día siendo una temperatura óptima, según lo reportado por Ching, (2014) las temperaturas óptimas para cultivo el de juveniles deben estar entre 29 a 32 °C.

En este experimento se empleó una aireación de fondo con microburbujas (MB), siendo la mejor aireación para este tipo de sistemas con mínimo recambio de agua, aumentando la eficiencia de la transferencia de aire, manteniendo una concentración entre 5 UPS y 8 UPS ideal para la especie, como lo indica Li P. , (2006).

Además, el sistema simbiótico basado en polvillo de arroz, levadura y chutes de melaza con bacterias probióticas y biorremediadoras que se adicionaba diariamente, según lo manifiestan Leite, Melo, & Nunes, (2020) pueden actuar efectivamente como fuentes de carbono, promoviendo el desarrollo de bioflocs y mejorando el rendimiento de los camarones, manteniendo los niveles de TAN en este experimento no mayores a 0,25 ppm los cuales son óptimos para la especie en cultivo.

Los parámetros de calidad del agua (pH, amonio, balance iónico, entre otros) en todas las combinaciones de tratamientos fueron similares y óptimos para el cultivo de camarón blanco en sistema simbiótico.

9. CONCLUSIONES

Como respuesta a la problemática expuesta, en busca de mejorar la eficiencia de los recursos naturales disponibles y mejorar la productividad en los cultivos de camarón en ambientes dulceacuícolas, esta investigación concluye que existe mejor crecimiento y supervivencia de los organismos cuando son sembrados a menor densidad, indistintamente de la salinidad. Siendo el tratamiento C (5 UPS – 20 cam/tq) la mejor combinación tanto en supervivencia 62% como en crecimiento 6,5g en 35 días de cultivo con respecto a los demás tratamientos.

A partir de los resultados obtenidos de crecimiento en los juveniles de camarón, a pesar de que existe diferencia entre los valores mencionados en cada uno de los tratamientos, al no ser estadísticamente significativos, se puede afirmar que ni la salinidad ni la densidad de siembra generan cambios significativos en el crecimiento de los organismos. Por otra parte la supervivencia observada permite concluir que la tasa final es mayor cuando los animales son criados a bajas densidades, independientemente de la salinidad utilizada.

La tecnología simbiótica aplicada en este experimento, propia de la Estación de Maricultura-Acuicultura de la FCA-UTMACH es adecuada para el cultivo de *L. vannamei* en cultivos super-intensivos, manteniendo los parámetros de calidad de agua estables y en especial controlando excelentemente los metabolitos tóxicos, además cumple el propósito de reducir el uso excesivo de agua, realizando mínimos recambios de agua durante el ciclo de cultivo.

10. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios sobre el nivel de intensificación aplicables a los cultivos super-intensivos del camarón blanco del pacífico *L. vannamei*, en el transcurso de esta experimentación se determinó que el agua de fondo debería ser movilizadada, ya que no fue suficiente el proceso de movimiento por las microburbujas, por lo tanto, recomendamos implementar un sistema de recirculación adecuado a la técnica simbiótica aplicada en este experimento. Es fundamental remover los sedimentos del fondo para así evitar la formación de gases nocivos, y a la vez con el uso adecuado de bacterias biorremediadoras mantener la calidad del suelo sin acumulación de metabolitos tóxicos y por lo tanto libre de microorganismos patógenos.
- Se recomienda, que durante la aclimatación de los juveniles a salinidades bajas es meritorio realizar los análisis respectivos del balance iónico, para así compensar los niveles de minerales que se encuentren en concentraciones bajas, ya que se ha demostrado que la falta de una mezcla necesaria de iones esenciales (Ca, K, Mg, Na) limita el crecimiento y por ende la supervivencia de las post-larvas de camarones en el proceso de aclimatación.
- Evaluar la eficacia de la aplicación de fermentos simbióticos en base a diferentes cepas bacterianas (mix de bacterias) en relación directa con el sistema de cultivo implementado, llámese RAS, BIOFLOC, ACUAMIMICRY, etc.

11. REFERENCIAS

- Abdel, E.-S. (2020, Septiembre 9). Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 676-705. <https://doi.org/10.1111/raq.12494>
- Arnold, S., Emerenciano, M., Cowley, J., Little, B., Rahman, A., & Perrin, T. (2020, Octubre 19). Collaboration drives innovations in superintensive indoor shrimp farming. *Global Seafood Alliance*. https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Emerenciano-2/publication/352615422_Collaboration_drives_innovations_in_superintensive_indoor_shrimp_farming_Global_Aquaculture_Advocate/links/60d16374458515dc179c999a/Collaboration-drives-innovations-in-super
- Arzola González, J. F., Flores Campaña, L. M., Izabal Ceja, A., & Gutiérrez Rubio, Y. (2008). Crecimiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en un estanque rústico a baja salinidad. *AquaTIC*, (28), 8-15. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49418026002>
- Avnimelech, Y. (2009). *Biofloc Technology: A Practical Guide Book* (1st ed.). World Aquaculture Society.
- Boyd, C., Robert, D., & McNevin, A. (2021, Noviembre 16). Comparación del uso de recursos para camarones de cultivo en Ecuador, India, Indonesia, Tailandia y Vietnam. *OneLibraryWiley*, 3-15. <https://doi.org/10.1002/aff2.23>
- Boyd, C., Robert, D., & McNevin, A. (2022). La intensidad de la producción de camarones podría aumentar considerablemente sin ningún uso directo adicional

de la tierra para las granjas camaroneras. GlobalSeafoodAlliance.
<https://www.globalseafood.org/advocate/a-comparison-of-resource-use-in-shrimp-farming-part-1-land/>

Boyd, C. E. (1998, Julio). Pond water aeration systems. *Aquacultural Engineering*, 18(1), 9-40. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00019-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00019-3)

Ching, C. (2014). Manejo de raceways y/o pre-crías en el cultivo del camarón marino. (Presentación en Power Point). Nicovita-VITAPRO. Tumbes, Perú.

Coelho Emerenciano, M. G., Martínez-Córdova, L. R., Martínez Porchas, M., & Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In Water Quality (INTECH ed., pp. 91-92). Hlanganani Tutu. <http://dx.doi.org/10.5772/66416>

Dugassa, H., & Gaetan, D. G. (2018). Biology of White Leg Shrimp, *Penaeus vannamei*: Review. *Fish and Marine Sciences*, 10(2), 5-17. [10.5829/idosi.wjfms.2018.05.17](https://doi.org/10.5829/idosi.wjfms.2018.05.17)

Endo, A., Srithongouthai, S., Nashiki, H., Teshiba, I., Iwasaki, T., Hama, D., & Tsutsumi, H. (2008). DO-increasing effects of a microscopic bubble generating system in a fish farm. *Marine Pollution Bulletin*, 57(1-5), 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.10.014>

Esparza-Leal, H., Amaral, J., & Wasielesky, W. (2016, Abril 7). Performance of *Litopenaeus vannamei* postlarvae reared in indoor nursery tanks under biofloc

- conditions at different salinities and zero-water exchange. *Aquaculture International*, (24), 1435-1447. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0001-5>
- Faleiros, R. O., Garcon, D. P., Lucena, M. N., McNamara, J. C., & Leone, F. A. (2018, Noviembre). Short- and long-term salinity challenge, osmoregulatory ability, and (Na⁺, K⁺)-ATPase kinetics and α -subunit mRNA expression in the gills of the thinstripe hermit crab *Clibanarius symmetricus* (Anomura, Diogenidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 225, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.06.016>
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. *FAO*, (2020), 244. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en>
- Ferreira, G., Santos, D., Schmachtl, F., Machado, C., Fernandes, V., Bogner, M., Schleder, D., Seiffert, W., & Vieira, F. (2021, Febrero 25). Heterotrophic, chemoautotrophic and mature approaches in biofloc system for Pacific white shrimp. *Aquaculture*, 533. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736099>
- Flaherty, M., Szuster, B., & Miller, P. (2000, Mayo 1). Low Salinity Inland Shrimp Farming in Thailand. *AMBIO: A J. of the Human Environment*, 29(3), 174-179. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.3.174>
- Galkanda-Arachchige, H. S., Roy, L. A., & Davis, D. A. (2020, Mayo 26). Evaluation of an alternative salt mixture to culture Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in inland aquaculture. 5(9), 3540-3550. <https://doi.org/10.1111/are.14691>

- Gómez-Bolaños, J. M., Mora-Sánchez, N. V., & Espinoza-Carrión, C. d. R. (2020, Diciembre). Disrupción, resiliencia y evolución del sector camaronero ecuatoriano entre 2010-2019. *Digital Publisher*, 5(6), 285-299. doi.org/10.33386/593dp.2020.6-1.413
- Gonzabay-Crespin, Á. N., Vite-Ceballos, H. A., Garzón-Montealegre, V. J., & Quizhpe-Cordero, P. F. (2021, Septiembre 8). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1040-1058. 10.23857/pc.v6i9.3093
- Gonzabay-Crespin, Á. N., Vite-Ceballos, H. A., Garzón-Montealegre, V. J., & Quizhpe-Cordero, P. F. (2021, Septiembre). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1040-1058. 10.23857/pc.v6i9.3093
- Huerta, F., & Darryl, J. (2017, Diciembre 18). Retro-adaptación de granjas de camarón a sistemas de recirculación. *Global Seafood Alliance*. <https://www.globalseafood.org/advocate/retro-adaptacion-de-granjas-de-camaron-sistemas-de-recirculacion/>
- Hurtado, M. A., Racotta, I. S., Civera, R., Ibarra, L., Hernández-Rodríguez, M., & Palacios, E. (2007, Julio). Effect of hypo- and hypersaline conditions on osmolality and Na⁺/K⁺-ATPase activity in juvenile shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed low- and high-HUFA diets. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 147(3), 703-710. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.07.002>

- Hussain, A. S., Mohammad, D. A., Sallam, W. S., Shoukry, N. M., & Davis, D. A. (2021, Septiembre 15). Effects of culturing the Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* in “biofloc” vs “synbiotic” systems on the growth and immune system. *Aquaculture*, 542. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736905>
- Ibarra-Mayorga, T. E., Jijón-Vergara, A. S., Proaño-Morales, J. J., & Cobeña-Veliz, V. A. (2021). Efecto de la alimentación natural con organismos del meiobentos marino y biofloc sobre los parámetros de producción en el cultivo de camarón *Penaeus vannamei*. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura*. 10.33936/at.v3i2.3691
- Joffre, O. M., Klerkx, L., & Khoa D., T. N. (2018, Junio 21). Aquaculture innovation system analysis of transition to sustainable intensification in shrimp farming. *Agronomy for Sustainable Development*, 38(34). <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0511-9>
- Krummenauer, D., Peixoto, S., Oliveria Cavalli, R., Poersch, L., & Wasielesky, W. (2011, Octubre). Superintensive Culture of White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a Biofloc Technology System in Southern Brazil at Different Stocking Densities. *World Aquaculture Society*, 42(5). https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39423334/Superintensive_culture_of_L_V_in_greenhouse_Dariano_JWAS_2011-libre.pdf?1445856852=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSuperintensive_Culture_of_White_Shrimp_L.pdf&Expires=1677806789&Signature=NU

- Krummenauer, D., Samocha, T., Poersch, L., Lara, G., & Wasielesky Jr, W. (2014, Febrero 4). The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT System. *World Aquaculture Society*, 45, 3-14. <https://doi.org/10.1111/jwas.12093>
- Lara-Espinoza, C. L., Espinoza-Plascencia, A., Rivera-Domínguez, M., Astorga-Cienfuegos, K. R., Acedo-Félix, E., & Bermúdez-Almada, M. d. C. (2015). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *AquaTIC*, (43), 1-13. <http://revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/263/250>
- Leite, J. S., Melo Batista, C. S., & Nunes Pinto, A. J. (2020, Abril 3). Utilization of rice byproducts as carbon sources in high-density culture of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49. <https://doi.org/10.37496/rbz4920190039>
- Li, E., Wioadan, W., Chen, K., Xu, C., Qin, J., & Chen, L. (2017, Marzo). Cambio fisiológico y requerimiento nutricional del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* a baja salinidad. *Reviews in Aquaculture*, 9(1), 57-75. <https://doi.org/10.1111/raq.12104>
- Li, P. (2006, Octubre). Development of advanced water treatment technology using microbubbles.
- Lin, Y.-C., & Chen, J. C. (2003, Junio 30). Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture*, 224, 193-201. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)

Luna-González, A., Ávila-Leal, J., Fierro-Coronado, J. A., Álvarez-Ruiz, P., Esparza-Leal, H., Escamilla-Montes, R., Flores-Miranda, M. d. C., Montiel-Montoya, J., & López-Álvarez, E. S. (2017, Noviembre 1). Effects of bacilli, molasses, and reducing feeding rate on biofloc formation, growth, and gene expression in *Litopenaeus vannamei* cultured with zero water exchange. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45, 900-907. 10.3856/VOL45-ISSUE5-FULLTEXT-4

Lv, J., Wang, Y., Gao, B., Chen, P., & Li, J. (2013, Diciembre 3). Transcriptome Analysis of *Portunus trituberculatus* in Response to Salinity Stress Provides Insights into the Molecular Basis of Osmoregulation. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082155>

Makmur, Fahrur, M., & Syah, D. (2018). The influence of the number of pond bottom aeration points on white shrimp farming, *Litopenaeus vannamei*. *Engineering*. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-influence-of-the-number-of-pond-bottom-aeration-Makmur-Suwoyo/1d704016697f5bf2dc15c2ed9c68b205e8786b7c>

Manan, H., Zhong Moh, J. H., Azman Kasan, N., Suratman, S., & Ikhwanuddin, M. (2017, Septiembre 1). Identification of biofloc microscopic composition as the natural biorremediation 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>

Marisol, C. O. (2018, Enero). Uso de monensina sódica en el cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei* para el tratamiento de gregarinas en la cooperativa Fauna

Silvestre, Bahía de Jaquilisco. *ITCA-FEPADE*. <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2018/10/UsodeMonencinaS%C3%B3dica-en-el-cultivo-camar%C3%B3n-marino-litopenaeus-vannamei-para-el-tratamiento-de-gregarinas-en-cooperativa-Fauna-Silvestre-Bah%C3%ADa-de-Jiquilisco.pdf>

Molina, C., Spinoza, M., & Claro, N. (2019, Julio 29). La suplementación con minerales en la dieta mejora la producción y la rentabilidad. *GlobalSeafoodAlliance*. <https://www.globalseafood.org/advocate/improving-the-osmoregulatory-capacity-of-pacific-white-shrimp-grown-in-low-salinity/>

Moustafa, E. M., Saad, T. T., Khalil, R. H., Dawood O., M. A., & Lolo, E. E. (2020, Marzo 3). The Ameliorative Role of Synbiotic Culture Techniques Application in White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) During Nursery Stage. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 8(3), 260-277. <https://doi.org/10.17582/JOURNAL.AAVS/2020/8.3.260.277>

Oliveira Pinto, P. H., Rocha, J. L., do Vale Figueiredo, J. P., Siqueira Carneiro, R. F., Damian, C., de Oliveira, L., & Seiffert, W. Q. (2020, Abril 15). Culture of marine shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in biofloc technology system using artificially salinized freshwater: Zootechnical performance, economics and nutritional quality. *Aquaculture*, 520. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734960>

Panigrahi, A., Das, R. R., Sivakumar, M. R., Saravanan, A., Saranya, C., Sudheer, N. S., Kumaraguru Vasagam, K. P., Mahalakshmi, P., Kannappan, S., & Gopikrishna, G. (2020, Marzo). Bio-augmentation of heterotrophic bacteria in biofloc system improves growth, survival, and immunity of Indian white shrimp

Penaeus indicus. *Fish & Shellfish Immunology*, 98, 477-487.
<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.021>

Piedrahita, Y. (2018, Julio 9). Plan de mejora, mejoras tecnológicas de producción y perspectivas. *GlobalSeafoodAlliance*.
<https://www.globalseafood.org/advocate/shrimp-farming-industry-in-ecuador-part-2/>

Ray, A., & Lotz, J. (2017, Julio 1). Comparing salinities of 10, 20, and 30‰ in intensive, commercial-scale biofloc shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production systems. *Aquaculture*, 476, 29-36.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.047>

Santiago de Melo Filho, M. E., Shizuo Owatari, M., Pedreira Mourinho, J. L., Lapa, K. R., & Moreira Soares, H. (2020, Febrero). Application of nitrification and denitrification processes in a direct water reuse system for pacific white shrimp farmed in biofloc system. *Aquacultural Engineering*, 88.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102043>

Soltes Ferreira, G., Fernandes Silva, V., Aranha Martins, M., Chede Pereira da Silva, A. C., Machado, C., Quadros Seiffert, W., & Vieira, F. d. N. (2020, Febrero). Strategies for ammonium and nitrite control in *Litopenaeus vannamei* nursery systems with bioflocs. *Aquacultural Engineering*, 88.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102040>

Suantika, G., Lenny Situmorang, M., Berlian Kurniawan, J., Arista Pratiwi, S., Aditiawati, P., Indriani Astuti, D., Nur Azizah, F. F., Astuti Djohan, Y., Zuhri,

- U., & Mangihut Simatupang, T. (2018). Development of a zero water discharge (ZWD)—Recirculating aquaculture system (RAS) hybrid system for super intensive white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture under low salinity conditions and its industrial trial in commercial shrimp urban farming. *Aquacultural Engineering*, 82, 12-14. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.04.002>
- Suwoyo, H. S., & Hendrajat, E. A. (2021). High density aquaculture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in controlled tank. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. doi:10.1088/1755-1315/777/1/012022
- Ulloa, D. A., Morales, M. C., & Coelho, M. (2020, Enero 4). Biofloc technology: principles focused on potential species and the case study of Chilean river shrimp *Cryphiops caementarius*. *Reviews in Aquaculture*, 12(3), 1759-1782. <https://doi.org/10.1111/raq.12408>
- Vásquez Gamboa, L. (2013). Sistemas de recirculación de agua (RAS) en Piscicultura. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola*, 7(7). <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1483>
- Wurmann, C. G., Madrid, R. M., & Brugger, A. M. (2008, Noviembre 13). Shrimp farming in Latin America: Current status, opportunities, challenges and strategies for sustainable development. *Aquaculture Economics & Management*, 8(3-4), 117-141. <https://doi.org/10.1080/13657300409380358>
- Xe, W., Xu, Y., Su, H., Hu, X., Yang, K., Wen, G., & Cao, Y. (2020, Octubre 26). Characteristics of Ammonia Removal and Nitrifying Microbial Communities in

a Hybrid Biofloc-RAS for Intensive *Litopenaeus vannamei* Culture: A Pilot-Scale Study. *Water*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/w12113000>

Xu, C., Li, E., Liu, Y., Wang, S., Wang, X., Cheng, K., Qin, J. G., & Chen, L. (2017, Marzo 24). Effect of dietary lipid level on growth, lipid metabolism and health status of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* at two salinities. *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/anu.12548>

12. ANEXOS

Anexo a. Análisis microbiológico del agua.

FOR BIO 17 Ver 20 03 23				
1. INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO				
SOLICITUD DE ANÁLISIS #:	53	ANÁLISIS REQUERIDO:	VIBRIOS	
FECHA DE ENTREGA:	10/2/2023	FECHA DE RECEPCIÓN:	9/2/2023	
2. DATOS DEL CLIENTE				
CAMARONERA / LABORATORIO:	PAUL LOAYZA	NOMBRE CLIENTE:	HECTOR MADERO	
CORREO:		ASESOR TÉCNICO:	SEGUNDO PALADINES	
3. DATOS DE LA MUESTRA/ENSAYO				
MUESTRA IDENTIFICADA COMO:	AGUA			
ANÁLISIS SOLICITADO POR:	Cliente			
LUGAR DE MUESTREO:		CANTIDAD DE MUESTRAS:	4	
CONDICIONES AMBIENTALES		Temperatura (°C)	Humedad(%)	
		25°-27°±1	45%-65%	
REFERENCIA:	Métodos de Diagnóstico de Enfermedades en Camarones Marinos de Cultivo. OIRSA			
RESULTADOS				
CÓDIGO DEL CLIENTE	Dilución realizada	Colonias Amarillas UFC/ml	Colonias Verdes UFC/ml	Observación
A	Directa	8,0 x10 ¹	Negativo	
B	Directa	8,2 x10 ²	2,0x10 ¹	
C	Directa	2,0x10 ¹	Negativo	
D	Directa	2,0x10 ¹	6,0x10 ¹	
Parámetro para agua: -10 ³ ufc/ml COL. AMARILLAS y -10 ³ ufc/ml COL. VERDES				
Ing. <i>Martina Ayala</i>		Ejex. <i>Blanca Peña</i>		
Analizado por: Analista de Laboratorio		Revisado por: Coordinadora de Laboratorios		
<small> TUBARIL S.p.A. - Via S. Paolo 100 - 20139 Milano (MI) - Italia Tel: +39 02 76000111 - Fax: +39 02 76000112 Email: info@tubaril.com - www.tubaril.com PSEBIOFARM S.p.A. - Via S. Paolo 100 - 20139 Milano (MI) - Italia Tel: +39 02 76000111 - Fax: +39 02 76000112 Email: info@psebiofarm.com - www.psebiofarm.com </small>		 LET'S INNOVATE AQUACULTURE		

Anexo b. Área del experimento



Anexo c. Peso de los organismos obtenidos de la camaronera CAMPAN.



Anexo d. Aclimatación de juveniles de *L. vannamei* en tanques de fibra de 1000L



Anexo b. Siembra de los camarones en las unidades experimentales, tanques plásticos de 270L.



Anexo f. Tabla de alimentación utilizada en el experimento, adaptada al control de crecimiento y supervivencia semanal.

TABLA DE ALIMENTACIÓN - 60 cam/m ²									
FECHA	31/12/2022								
SIEMBRA	60								
Peso	0,5								
FECHA	DÍAS	Peso teorico	Suv (%)	Población	Biomasa (g)	% Bio	DIETA (g)	DOSIS (4)	
31/12/2022	1	0,30	100	60	18,00	10	1,8	0,45	
01/01/2023	2	0,35	99,5	59,7	20,90	9,87	2,1	0,52	
02/01/2023	3	0,40	99	59,4	23,76	9,74	2,3	0,58	
03/01/2023	4	0,45	80	48,0	21,60	9,61	2,1	0,52	
04/01/2023	5	0,50	79,5	47,7	23,85	9,48	2,3	0,57	
05/01/2023	6	0,55	79	47,4	26,07	9,35	2,4	0,61	
06/01/2023	7	0,65	78	46,8	30,42	9,22	2,8	0,70	
07/01/2023	8	0,75	77,5	46,5	34,88	9,09	3,2	0,79	
08/01/2023	9	0,85	77	46,2	39,27	8,96	3,5	0,88	
09/01/2023	10	0,95	76,5	45,9	43,61	8,83	3,9	0,96	

Anexo g. Medición de Nitrógeno Amoniacal Total (TAN) mediante el uso de kit colorimétrico.



Anexo h. Muestreo de crecimiento.



Anexo i. Registros de crecimiento por tanque, tomado dos veces por semana.

REGISTRO DE DATOS						
TQ-12	Días de cultivo	Muestra	Peso anterior	Peso actual	Incremento	Inc. diario
Sem1	7	5,58g/9cam	0,3	0,62	0,32	0,05
Sem1	11	6g/8cam	0,62	0,75	0,13	0,04
Sem2	14	6,4g/8cam	0,75	1,06	0,31	0,05
Sem2	18	7,04g/8cam	1,06	1,72	0,66	0,08
Sem3	21	15,92/8	1,72	2,12	0,4	0,09
Sem3	25	27,11/11	2,12	3,05	0,93	0,11
Sem4	28	30.33/9	3,05	3,96	0,91	0,13
Sem4	32	38.35/9	3,96	5,12	1,16	0,15
Sem5	35	41.72/9	5,12	6,08	0,96	0,17

Anexo j. Registro de control de parámetros por tanque.

PARAMETROS FISICO-QUIMICOS - TQ1 TC												
Fecha	Dia	Oxigeno disuelto (mg/l)		pH (ppm)		Temperatura (°C)		Amonio (NAT)	Alcalinidad	Balance iónico (Ca-Mg-K)	Observaciones	
		Mañana	Tarde	Mañana	Tarde	Mañana	Tarde					
31/12/22	1	6,2	8,6	7,50	7,74	26,10	27,20	0,25	158,7	43.09-272.16-120	1 m	
1/1/23	2	6,2	8,6	7,82	7,90	25,80	26,80	0				
2/1/23	3	6,2	8,6	7,90	7,98	25,50	26,60	0				
3/1/23	4	6,2	8,6	7,74	7,82	27,20	27,20	0			1 m	
4/1/23	5	6,2	8,6	7,82	7,80	26,20	29,30	0			2 m	
5/1/23	6	6,2	8,6	7,66	7,74	27,40	28,10	0			1 m	
6/1/23	7	6,2	8,6	7,74	7,82	27,50	28,10	0				
7/1/23	8	6,2	8,6	7,74	7,82	26,40	28,10	0			3 m	
8/1/23	9	6,2	8,6	7,66	7,74	25,70	27,70	0				
9/1/23	10	6,2	8,6	7,58	7,90	26,40	27,70	0,25	206,53	123-631-210		