



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Optimización de la alimentación de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*
en un sistema de alto rendimiento a baja salinidad

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero Acuicultor

Presentado por:

Kevin Jesús Lecaro Plaza

Victor Hugo Lozada Mite

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

College of Maritime Engineering and Sea Science

Feeding optimizing of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in a high-yield system at low salinity

CAPSTONE COURSE

A project submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of:

Aquaculture Engineer

By:

Kevin Jesús Lecaro Plaza

Victor Hugo Lozada Mite

GUAYAQUIL - ECUADOR

2022

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a Dios por darme la serenidad para aceptar las cosas, la valentía para poder cambiarlas y sabiduría para poder diferenciarlas.

A mis padres Maroly y Félix por enseñarme a luchar por mis sueños sin desviarme del camino, por muy cansado que sea, además por apoyarme a lo largo de mi etapa estudiantil y darme la formación necesaria para afrontar los retos de la vida. A mis mascotas por estar presentes en todo momento de mi vida.

Y a todo colega que conocí en este recorrido, gracias por el amor, cariño y el apoyo incondicional en las buenas y malas.

Muchas gracias por acompañarme en mi carrera universitaria.

Kevin Lecaro Plaza.

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mis padres Carlos y Sonia por estar siempre para mí en los momentos de alegría e incertidumbre, enseñarme los valores y virtudes para ser una excelente persona y nunca desistir en la consecución de mis metas y objetivos.

A mis abuelitos Carlos, Elsie y Holanda por el amor y afecto incondicional, siempre dispuestos a aconsejarme. A mi hermana Sonia y sobrinas Luciana y Paula que con sus ocurrencias e inocencia siempre alegran mis días.

A mis amigos de toda la vida Carlos y Nixon que están presentes en los buenos y malos momentos. Y a mis amigos que me regaló la universidad Andrés, Julio, Luis y Samuel que se han convertido en mis hermanos.

Victor Lozada Mite.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a Dios por darnos la sabiduría y fuerza para progresar en nuestros objetivos. A nuestros padres que han sido la fuente de inspiración y apoyo en todo momento. A BioMar por darnos la oportunidad de trabajar en sus instalaciones y brindarnos el financiamiento y los medios para llevar a cabo la investigación. A Laurence Massaut Ph. D. y João Reis Ph. D., por permitirnos trabajar bajo su tutela y ser el soporte fundamental en la realización de esta investigación.

A nuestra tutora Bonny Bayot Ph. D., por brindarnos su tiempo, conocimiento y paciencia en el desarrollo del proyecto.

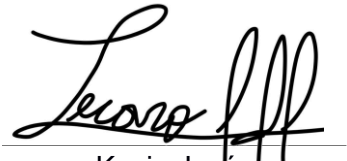
A los docentes de FIMCM por el conocimiento de excelencia impartido durante la carrera. A todos nuestros amigos y compañeros por las enseñanzas, aprendizajes y momentos vividos.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*Kevin Jesús Lecaro Plaza y Victor Hugo Lozada Mite*) y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Victor Hugo
Lozada Mite



Kevin Jesús
Lecaro Plaza

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**WILFRIDO ERNESTO
ARGUELLO GUEVARA**



Firmado electrónicamente por:
**BONNY NARCISA
BAYOT ARROYO**

Wilfrido Argüello, Ph.D.

PROFESOR DE LA MATERIA

Bonny Bayot, Ph.D.

TUTORA

RESUMEN

El alimento formulado representa hasta el 70% de los costos variables de producción en cultivos intensivos de camarones *Litopenaeus vannamei*, por lo que es necesario optimizar los protocolos de alimentación. El objetivo principal de este estudio consistió en determinar la tasa de alimentación que optimizara el crecimiento y biomasa en un sistema de engorde de camarones de alto rendimiento y baja salinidad. Se realizó un cultivo experimental (56 días) con camarones juveniles *L. vannamei* (0.65 g) en una camaronera comercial (Taura/Guayas, Ecuador). El diseño experimental consistió en seis tratamientos (cuatro réplicas/tratamiento) de porcentajes de tasas de alimentación (0, 75, 81, 100, 150 y 200%) del protocolo estándar de la camaronera donde se realizó el estudio. Cada una de las 24 unidades experimentales (tanques abiertos IBC, 1000 L) fue sembrada a 50 camarones/tanque/m². El tratamiento donde se administró 75% de la tasa de alimentación presentó el mejor desempeño, al ser el tratamiento que con la menor tasa se obtuvo el menor factor de conversión alimenticia y, máximos incrementos de peso semanal, peso promedio y biomasa de los camarones a la cosecha. Con el tratamiento que no recibió alimento formulado (0%) se determinó que la productividad primaria del sistema contribuyó con un aporte de 0.21 g al crecimiento semanal de camarón. Además, el 16.3% de la biomasa ganada en los camarones alimentados al 75% de tasa de alimentación pudo ser atribuida a la productividad natural. Los resultados encontrados contribuirán a optimizar el protocolo de manejo de alimentación en la camaronera del estudio.

Palabras Clave: camarón *Litopenaeus vannamei*, cultivos de alto rendimiento, eficiencia de la alimentación, manejo del alimento, productividad primaria.

ABSTRACT

*Formulated feed represents up to 70% of the variable costs of production in intensive culture of *Litopenaeus vannamei* shrimp, therefore it is necessary to optimize the feeding protocols. The main objective of this study was to determine the feeding rate that optimizes growth and biomass in a high-yield and low-salinity grow-out shrimp system. An experimental culture (56 days) was carried out with *L. vannamei* shrimp (0.65 g) in a commercial farm (Taura, Guayas, Ecuador). The experimental design consisted of six treatments (four replicates/treatment) of increasing feeding levels (0, 75, 81, 100, 150 and 200%) of the standard protocol of the shrimp farm where the study was carried out. Each of the 24 experimental units (IBC open tanks, 1000 L) was stocked at 50 shrimp/tank/m². The treatment of the 75% feeding level presented the best performance, as was the treatment with the lowest feeding rate that obtained the lowest feed conversion factor, and maximum increases in shrimp weekly weight, average weight, and biomass at harvest. With the treatment that did not receive formulated feed (0%), it was determined that the primary productivity of the system contributed with 0.21 g to the weekly shrimp growth. Furthermore, 16.3% of biomass gained in shrimp fed at 75% feeding rate could be attributed to the natural productivity. The results found in the study will contribute to optimize the feeding management protocol in the shrimp farm where the study was carried out.*

Keywords: *feed management, feeding efficiency, high-yield culture, *Litopenaeus vannamei* shrimp, primary productivity.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	8
<i>ABSTRACT</i>	10
ÍNDICE GENERAL	11
ABREVIATURAS	13
SIMBOLOGÍA	14
ÍNDICE DE FIGURAS.....	15
ÍNDICE DE TABLAS.....	16
CAPÍTULO 1.....	17
1. Introducción.....	17
1.1 Descripción del problema	18
1.2 Justificación del problema	19
1.3 Objetivos.....	20
1.3.1 Objetivo General	20
1.3.2 Objetivos Específicos.....	20
1.4 Marco Teórico.....	20
1.4.1 Sistemas de cultivo de camarón	20
1.4.2 Sistemas biofloc.....	21
1.4.3 Alimentación y requerimientos nutricionales del camarón	21
1.4.3.1 Alimento natural (productividad primaria)	22
1.4.3.2 Alimento formulado (balanceado).....	23
CAPÍTULO 2.....	25
2. Metodología.....	25
2.1 Área de estudio	25
2.2 Material biológico.....	25

2.3	Diseño experimental.....	25
2.3.1	Tratamientos y protocolos de alimentación.....	26
2.4	Muestreo de peso.....	28
2.5	Calidad de agua y manejo.....	28
2.6	Cosecha y finalización de prueba en campo.....	29
2.7	Análisis de datos.....	29
CAPÍTULO 3.....		31
3.	Resultados y análisis.....	31
3.1	Calidad de agua.....	31
3.2	Muestreo a la cuarta semana de cultivo y cosecha.....	34
CAPÍTULO 4.....		40
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	40
4.1	Conclusiones.....	40
4.2	Recomendaciones.....	42
BIBLIOGRAFÍA.....		44
APÉNDICES.....		48

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCM	Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar
FCA	Factor de Conversión Alimenticio
IBC	Intermediate Bulk Container
CSE	Crecimiento Semanal Esperado
TA	Tasa de Alimentación
ANOVA	Analysis of Variance

SIMBOLOGÍA

g	Gramos
mg	Miligramos
µg	Microgramos
Ha	Hectáreas
m ²	Metros cuadrados
mm	Milímetros
L	Litros
mL	Mililitros
pH	Potencial de Hidrógeno
%	Porcentaje
hp	Horse Power (Caballos de potencia)
"	Pulgadas
®	Marca Registrada
CO ₂	Dióxido de Carbono
CaCO ₃	Carbonato de Calcio
±	Más-Menos
≤	Menor o Igual
ups	Unidades Prácticas de Salinidad
°C	Grados Celsius
≈	Aproximadamente igual a
n	Número de animales
p	Probabilidad
T	Tratamiento
TR	Tratamiento Referencial

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Unidades experimentales en el área de raceways de la camaronera (Lozada & Lecaro, 2022).....	26
Figura 2.2 Cantidad promedio de alimento diario suministrado a cada tratamiento durante el cultivo experimental de 56 días. T6 corresponde al tratamiento referencial de tasa de alimentación del 100% del protocolo estándar usado en el estudio de Weldon et al. (2021), equivalente a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar.....	27
Figura 3.1. Análisis de regresión no lineal entre peso promedio a la cosecha y cantidad total de alimento balanceado suministrado durante el cultivo experimental de 56 días.	38
Figura 3.2. Análisis de regresión no lineal entre biomasa a la cosecha y cantidad total de alimento balanceado suministrado durante el cultivo experimental de 56 días.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones nutricionales del alimento comercial extruido de 1.2 mm EXIA Prime 35% producido por BioMar® para camarones en fase de engorde.....	28
Tabla 3.1. Parámetros de calidad de agua (promedio ± desviación estándar) registrados en la mañana (AM) y tarde (PM) durante el cultivo de 56 días en un sistema experimental de alto rendimiento a baja salinidad. Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos según análisis de ANOVA de una vía y la comparación múltiple de Tukey. T6* corresponde al tratamiento referencial de tasa de alimentación del 100% del protocolo estándar usado en el estudio de Weldon et al. (2021), equivalente a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar.....	33
Tabla 3.2. Resultados de los parámetros de producción de los tratamientos a las 4 semanas de cultivo (peso promedio) y cosecha (56 días de cultivo) en un sistema experimental de alto rendimiento a baja salinidad. Los datos se muestran como promedios ± desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos según análisis de ANOVA de una vía y la comparación múltiple de Tukey. Letras distintas para la variable total de alimento suministrado durante el cultivo indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos según las pruebas no paramétricas de ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis y suma de rangos de comparación de pares de Wilcoxon Rank. T6* corresponde al tratamiento referencial de tasa de alimentación del 100% del protocolo estándar usado en el estudio de Weldon et al. (2021), equivalente a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar.....	37

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La camaronicultura es uno de los sectores más rentables de la industria acuícola, siendo el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* una de las especies más cultivadas a nivel global (Tacon, 2017). Considerando el estancamiento de las capturas de productos del mar por parte de las pesquerías, en contraste con el crecimiento continuo de la producción acuícola, se prevé que la industria de cultivo de camarón será clave para satisfacer la demanda creciente de proteínas de la población mundial, que se proyecta será de 9,7 billones de personas para el 2050 (FAO, 2016). Por lo tanto, existe la necesidad de optimizar las técnicas de producción intensiva de camarón, lo que incluye el aprovechamiento del espacio, agua de cultivo e insumos utilizados para el cultivo (Lara *et al.*, 2015).

Los cultivos intensivos se caracterizan por la alta cantidad de animales sembrados en poco espacio, intensa aireación, y alta cantidad y calidad de alimento balanceado administrado a la población de los estanques (Bai Arifin *et al.*, 2018; Junda, 2018). Considerando que, en cultivos intensivos, el costo del alimento formulado puede llegar a representar hasta el 70% del costo variable de producción, es crucial que los protocolos de manejo de la alimentación sean los óptimos (Mughtar, 2021).

Los restos de alimento no consumido, además de los desechos y excretas producidos por la digestión del camarón, generan alta carga de nutrientes en el sistema de cultivo, y, por consiguiente, proliferación de comunidades bentónicas, planctónicas y bacterianas en el sistema (Pratiwi *et al.*, 2021). Considerando que en sistemas de alto rendimiento se promueve la productividad primaria, tal carga de nutrientes representa un beneficio nutricional al camarón, principalmente en estadíos de post-larvas y juveniles (Roy, Davis, & Whiti, 2012). Sin embargo, el excedente de alimento en los estanques de camarón puede producir el deterioro del ecosistema de producción, lo cual puede ser evidenciado al observar la variabilidad en los parámetros fisicoquímicos de agua y suelo, y generar finalmente desechos hacia los efluentes (Ariadi, Wafi, & Supriatna, 2020).

Por otro lado, las microalgas en sistemas de alto rendimiento, principalmente diatomeas y algas verdes, son partes de la estrategia de manejo en el cultivo de camarón debido a que por su alto valor nutricional en aminoácidos esenciales y ácidos grasos inciden en la

mejora de la alimentación del camarón. De hecho, estos tipos de microalgas contribuyen a incrementar la supervivencia, reducir el factor de conversión alimenticia y contrarrestar la proliferación de cianobacterias y sus toxinas (Novriadi *et al.*, 2021).

Dado que, que en un sistema de cultivo de alto rendimiento es crucial la optimización de la cantidad de alimento que se suministra a la población, y que la ganancia de peso de los camarones durante el ciclo de producción depende del alimento formulado y del alimento natural en el estanque, el presente proyecto se planteó dos objetivos. El primero consistió en cuantificar la contribución de la productividad primaria a la biomasa y peso de camarones en un sistema de cultivo de alto rendimiento. Mientras que el segundo objetivo consistió en evaluar la relación entre tasa de alimento formulado administrado a la población y parámetros de producción a la cosecha. Los resultados encontrados en este proyecto contribuirán a optimizar el protocolo de manejo de alimentación en la camaronera donde se realizó el estudio, lo cual puede ser extrapolado a otras granjas con manejo y localización geográfica similares. Finalmente, estos resultados pueden contribuir a disminuir los costos de producción al conocer el estimado de la contribución de la productividad natural al crecimiento y biomasa de camarón, y la tasa de alimentación más eficiente para la camaronera donde se realizó el estudio.

1.1 Descripción del problema

El alimento balanceado representa hasta el 70% de los costos variables en la producción, por lo que la administración de excesivas cantidades de balanceado en sistemas de cultivo de camarón puede ser un problema. La sobrealimentación incrementa la totalidad de nutrientes en el estanque, que son aprovechados por las microalgas y otros microorganismos (algunos potencialmente patógenos) en el sistema, generando deterioro en la calidad de suelo y agua. En estas condiciones, los camarones se estresan y dejan de alimentarse, lo que disminuye la tasa de crecimiento y la supervivencia, e incrementa el factor de conversión alimenticio (FCA) (Ullman *et al.*, 2017). Por tanto, el desconocimiento de la cantidad de alimento que el camarón ingiere diariamente genera pérdidas económicas y disminuye la eficiencia.

La ganancia de peso del camarón depende de la cantidad de alimento administrado y de la disponibilidad de alimento natural. Generalmente, la cantidad de alimento a

suministrar se calcula utilizando tablas de alimentación por porcentaje de biomasa que varían según el peso promedio de los camarones (Haws & Boyd, 2001). Sin embargo, las tablas estandarizadas no siempre funcionan para todas las condiciones ambientales y de cultivo de las camaronas, y aunque las que son elaboradas en base a datos históricos considera indirectamente la productividad primaria, es difícil cuantificar su contribución a la nutrición del camarón. Además, la determinación de datos precisos de biomasa por muestreo es complicado y está sujeto a errores (Roy, Davis, & Whiti, 2012).

Inclusive la determinación del tipo de microalga es importante. Hay algunos tipos de microalgas como las diatomeas que son más recomendados en una piscina de engorde de camarones *L. vannamei*. En contraste con los dinoflagelados y cianobacterias, ya que algunos grupos taxonómicos son capaces de producir toxinas, pero principalmente pueden ocasionar problemas debido a que su alta proliferación genera un gran consumo de oxígeno del sistema de cultivo.

1.2 Justificación del problema

El manejo del alimento es un aspecto importante en sistemas de engorde de camarones *L. vannamei*, especialmente en sistemas de cultivo de alto rendimiento, donde se administran grandes cantidades de alimento por la alta densidad de animales de cultivo. Dada la gran cantidad de alimento utilizado en estos sistemas, es imprescindible que la población de las piscinas sea alimentada a una dosis óptima tal que, no sea sobrealimentada ni subalimentada.

Este tipo de manejo permite, por un lado, la ganancia adecuada de peso promedio de los animales, lo que maximiza las ganancias, y, por otro lado, minimiza los residuos de alimento administrado, reduciendo los costos de operación y la contaminación al medio ambiente. Además, un manejo adecuado del alimento formulado tiene que considerar que el organismo cultivado asimile los nutrientes del alimento formulado y que complemente su dieta con la productividad primaria del medio. Al realizar esto se reduce el FCA y se logra optimizar las ganancias. En tal contexto, la gestión de dosis adecuadas de alimento en sistemas intensivos resulta fundamental para el crecimiento y sostenibilidad de la industria camaronera.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la tasa de alimentación óptima en sistemas de engorde de *Litopenaeus vannamei* de alto rendimiento y baja salinidad considerando la contribución de la productividad primaria.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estimar la contribución de la productividad primaria al crecimiento de camarón *L. vannamei* en sistemas de engorde alto rendimiento y baja salinidad.
- Determinar la tasa de alimentación para camarón *L. vannamei*, que optimice el crecimiento y genere un factor de conversión alimenticio rentable, en un sistema de alto rendimiento a baja salinidad.

1.4 Marco Teórico

Las condiciones naturales del Ecuador son adecuadas para el desarrollo de la industria acuícola en general, por la presencia de sistemas estuarinos y de manglares ideales para el crecimiento de camarón. El cultivo de camarones *L. vannamei* constituye el rubro más significativo en términos de producción del Ecuador, comprendiendo hasta el 96,2% del total de especies acuícolas cultivadas (Acebo, 2018). En la economía interna, se ha convertido en sinónimo de desarrollo económico y social por el ingreso de divisas y generación de fuentes de empleo directo e indirecto (Gonzabay *et al.*, 2021).

1.4.1 Sistemas de cultivo de camarón

Hasta el 2014, alrededor de 207 mil hectáreas se dedicaron únicamente a la producción de camarón de engorde en las principales provincias costeras de Ecuador (Acebo, 2018). En la etapa de engorde, el camarón es sembrado en estanques de tierra a densidades bajas de hasta 70 mil camarones/Ha o densidades medias de hasta 100 mil camarones/Ha, lo que comúnmente se denominan sistemas extensivos y semi-intensivos, respectivamente. En tanto que, los sistemas de cultivos intensivos de camarón producen organismos a alta densidad de animales usando racionalmente el agua, con volúmenes de recambio de agua diarios menores al 10% del volumen total del sistema (Segovia, 2002).

Estos sistemas de cultivo incorporan sistemas de recirculación, lo cual genera condiciones estables con poblaciones diversas de microorganismos y evitan la eutrofización en los efluentes. De igual manera, permite optimizar el manejo de alimento balanceado por medio de la promoción de la proteína microbiana. Sin embargo, se ha reportado problemas en la calidad del agua como fluctuaciones de salinidad y alta concentración de nitritos (Lara *et al.*, 2015).

1.4.2 Sistemas biofloc

El sistema biofloc es un sistema de cultivo intensivo en donde la materia orgánica viva y particulada está suspendida en el agua del estanque, formando flóculos junto con el fitoplancton y una gran diversidad de microorganismos y bacterias heterotróficas. La implementación de estos sistemas posibilita el incremento de la densidad de cultivo, que a su vez permite aumentar la productividad por el menor uso de espacio y requerimiento de agua. Los sistemas con tecnología biofloc consumen grandes cantidades de oxígeno y carbono, ya que es un sistema heterotrófico en contraste con los sistemas de cultivo tradicionales (autotróficos).

En estos sistemas de biofloc de cultivo de camarones *L. vannamei* con bajas tasas de recambio de agua se observan valores aceptables de supervivencia y FCA (Lara *et al.*, 2015). Alrededor del 24% del conglomerado de microorganismos lo conforma el fitoplancton, principalmente diatomeas como *Thalassiosira*, *Chaetoceros* y *Navicula* (Hernández *et al.*, 2019).

1.4.3 Alimentación y requerimientos nutricionales del camarón

Los requerimientos nutricionales del camarón varían a medida que se va desarrollando y cambiando de estadios, pero en general requieren de macronutrientes como proteínas, lípidos y carbohidratos, y micronutrientes como minerales y vitaminas. El mayor porcentaje de macronutrientes requeridos por el camarón corresponde a las proteínas (Haws & Boyd, 2001).

Al tratarse de una especie mayormente omnívora, juveniles y adultos de *L. vannamei* incorporan el material vegetal en su alimentación a partir del detritus, pero en general, el fitoplancton representa el mayor aporte a la biomasa del camarón como alimento disponible en el medio (Molina & Villarreal, 2008). Mientras que, la administración de alimento balanceado tiene como objetivo

aumentar la tasa de crecimiento del camarón, brindándole los nutrientes necesarios para su desarrollo y suprimir la incertidumbre de la disponibilidad del alimento del ambiente natural (Haws & Boyd, 2001).

La calidad del alimento formulado se puede determinar en base al perfil de aminoácidos que la componen. Un aspecto relacionado con la calidad del alimento formulado es la retención de proteína en los organismos de cultivo, y su relación con el crecimiento de camarón (Badillo, Herzka, & Viana, 2014). Esta información permite determinar la cantidad de alimento óptima que se debe suministrar a los organismos (Grazioplene, Loureiro, & Carvalho, 2017). La retención de proteínas es la cantidad de proteínas que el organismo puede acumular por un periodo de tiempo determinado. Esta puede ser estimada indirectamente mediante la cuantificación del contenido de nitrógeno, lo cual se puede realizar mediante el método Kjeldahl, que consiste en la digestión ácida de la muestra a alta temperatura, y titulación del contenido de nitrógeno (AOAC, 2006).

En un trabajo previo, al probar varias tasas de alimentación en un sistema intensivo de cultivo experimental de camarones *L. vannamei* con tecnología biofloc, se observó que valores superiores a la tasa estándar de alimentación del 100%, correspondiente a una ganancia de 1.3 g de peso semanal de camarón y 1.2 de FCA, condujeron a un incremento del FCR y menores ganancias en el crecimiento de camarón (Weldon *et al.*, 2021).

1.4.3.1 Alimento natural (productividad primaria)

En medios acuáticos, la productividad natural está comprendida de bacterias, fitoplancton, bentos y macrofitas, por lo que el crecimiento del camarón es significativo en aguas donde se promueve o existen altas concentraciones de estos microorganismos. El alimento natural puede ser el responsable del 17% de la biomasa total de los camarones en un sistema intensivo de recirculación con tecnología biofloc (Weldon *et al.*, 2021). Inclusive, dependiendo de la densidad, la productividad primaria puede llegar a suplir las necesidades alimenticias de la especie en fase de engorde, pero la baja tasa de crecimiento no lo haría una práctica rentable (Molina & Villarreal, 2008).

El fitoplancton lo conforman microorganismos autótrofos que suelen estar distribuidos por toda la columna de agua (Molina & Villarreal, 2008). La mayor

parte del cultivo de camarón en la actualidad se lleva a cabo en agua salobre donde predominan diatomeas y clorofitas, y su presencia depende de la concentración de nutrientes. Con las condiciones apropiadas de energía lumínica, las microalgas, pueden incorporar suficiente CO₂ del medio a través de la fotosíntesis (Hernández, 2016). Por tanto, promover el desarrollo del fitoplancton, incluso antes de la siembra, contribuye al manejo eficiente de la calidad de agua durante el ciclo completo de producción, debido a que aumenta la concentración de oxígeno, regula niveles de pH e incrementa el apetito del camarón (Molina & Villarreal, 2008).

Las microalgas producen pigmentos naturales a través de ciertas biomoléculas, en la que destaca la clorofila debido a que corresponde entre 0,5 y 1,5% de la biomasa seca de las microalgas. La clorofila *a* es la estructura de mayor presencia entre los pigmentos verdes de la naturaleza (Streit *et al.*, 2015), principalmente de algas eucariotas y cianobacterias, siendo el pigmento dominante en captación de luz. La medición y monitoreo de clorofila *a* en calidad de agua es muy común en estudios de biomasa y determinación de productividad primaria del fitoplancton. En términos generales, la clorofila *a* permite obtener una medida eficiente, aunque indirecta, de la biomasa de microalgas de sistemas acuáticos. Altas concentraciones de clorofila *a* se encuentran en estuarios en comparación con las áreas costeras (Schalles, 2006).

1.4.3.2 Alimento formulado (balanceado)

El alimento formulado comercial provee al camarón de una nutrición balanceada y está elaborado bajo condiciones y normas estrictas de control de calidad (León, 2017). Los avances tecnológicos de la actualidad hacen posible la disponibilidad de alimento balanceado de calidad para todos los productores, pero solo alcanzarán un potencial rendimiento productivo con la implementación de estrategias de alimentación adecuadas. Por lo contrario, el mal manejo de este insumo producirá una carga excesiva de nutrientes en el sistema, lo que permitirá a organismos oportunistas proliferar en esas condiciones y así mismo deteriorará la calidad de agua y suelo de los estanques (Van *et al.*, 2017).

Los sistemas de alto rendimiento requieren de altas cantidades de alimento balanceado por ser la principal fuente nutricional del camarón. Se observan en estos sistemas mejoras en el crecimiento del camarón cuando se dosifica el

alimento varias veces al día, lo cual es debido a la adaptación de la fisiología digestiva de *L. vannamei*. A su vez, la utilización de alimentadores automáticos mejora sustancialmente la eficiencia de alimentación, reduciendo costos e incrementando la producción. Existe la necesidad de formular alimentos balanceados específicos para sistemas de altas densidades, aunque representa un reto porque por ejemplo en los sistemas basados en tecnología biofloc, los flóculos microbianos ya constituyen una fuente nutricional de alto valor, por lo que es necesario realizar ajustes a los protocolos de alimentación para obtener el aprovechamiento de los nutrientes de ambas fuentes de alimento natural y formulado (Emerenciano *et al.*, 2022).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Se realizó un cultivo experimental por 56 días (06 junio 2022 – 31 julio 2022) con camarones juveniles *L. vannamei* para evaluar la relación entre distintas tasas de alimentación y parámetros de producción a la cosecha. El diseño experimental fue similar al utilizado por Weldon *et al.*, (2021), quienes evaluaron la relación entre la retención de proteínas en tejidos de camarones *L. vannamei* cultivados en un sistema de cultivo intensivo con biofloc (sin renovación de agua) *versus* distintos porcentajes de tasa de alimentación.

2.1 Área de estudio

La prueba experimental se llevó a cabo en el área de raceways de una camaronera comercial ubicada en la zona de Taura, cerca del recinto Pocos Palos del cantón Eloy Alfaro (Durán), provincia del Guayas. La camaronera maneja un sistema de cultivo semi-intensivo a baja salinidad con recirculación de agua.

2.2 Material biológico

Las unidades experimentales fueron sembradas con juveniles de camarón *L. vannamei* (0.65 ± 0.25 g, $n = 100$, Apéndice 1), los cuales fueron transferidos desde una pre-cría hacia una piscina de engorde, tras haber pasado 21 días de aclimatación en la pre-cría desde su llegada como postlarvas a la camaronera. Al momento de la siembra a las unidades experimentales, los camarones fueron transportados desde la pre-cría hasta el sistema experimental, donde se colocaron en baldes de 100 L con aireación constante, seleccionando los camarones con las tallas más homogéneas. Posteriormente, los animales fueron sembrados aleatoriamente en los tanques experimentales a una densidad de 50 camarones por tanque (≈ 50 camarones/m² en cada tanque).

2.3 Diseño experimental

El sistema experimental consistió en 24 tanques (unidades experimentales) abiertos IBC (Intermediate Bulk Container, por su nomenclatura en inglés) de 1000 L de capacidad, a los que se le adaptó un sistema de drenaje por altura para facilitar la cosecha al final de la prueba. Cada unidad experimental se llenó hasta 900 L con

agua sin filtrar proveniente de una piscina de producción de la camaronera, colocando una malla en la parte superior de cada tanque para evitar el escape de los camarones. El bombeo de agua para el llenado de las unidades experimentales se realizó con una bomba eléctrica de 3,5 hp hacia la red de tuberías subterráneas del área de raceways, hasta llegar a una tubería de 2" instalada sobre los tanques por donde se distribuyó el agua de ingreso a las unidades experimentales, regulando su caudal con llaves de paso. Una tubería de 1" suministró aireación constante al sistema desde un blower por medio de dos difusores de aire para cada tanque. Se adicionó una malla en la válvula de salida de los tanques para evitar la salida de camarones por el sistema de drenaje (Figura 2.1).

Se realizaron recambios de agua diarios de 100 L del volumen total de cada tanque, lo que representó aproximadamente el 13% del volumen del tanque. Cada día se limpiaron las mallas de la válvula de salida de cada tanque para evitar obstrucciones durante el recambio. Mientras que los difusores de aire fueron limpiados semanalmente para asegurar la difusión eficiente de aire a cada unidad experimental.



Figura 2.1 Unidades experimentales en el área de raceways de la camaronera (Lozada & Lecaro, 2022).

2.3.1 Tratamientos y protocolos de alimentación

Se utilizaron 6 tratamientos con 4 réplicas cada uno. Cinco de los tratamientos consistieron en distintas tasas de alimentación basadas en un protocolo estándar de BioMar® (0%, 75%, 100%, 150% y 200% = T1 a T5, respectivamente).

Mientras que el sexto tratamiento (T6 = tratamiento referencial) correspondió a la tasa de alimentación del 100% del protocolo estándar usado en el estudio de Weldon *et al.* (2021), y donde la cantidad de alimento suministrado a los tanques experimentales equivalió a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar. El protocolo estándar de Biomar estuvo basado en la asunción que el camarón crece 0.5 g durante la primera semana hasta alcanzar 1 g de peso promedio para todos los tratamientos (Figura 2.2). A partir de la segunda semana de cultivo experimental se proyectó un crecimiento semanal de 1.5 g, con un FCA de 1.3 para los tratamientos T1 al T5 (Figura 2.2). Mientras que, para el tratamiento referencial (Weldon *et al.*, 2021), se proyectó una ganancia de peso semanal desde la segunda semana de cultivo de 1.3 g, y 1.2 de FCA (Figura 2.2). Dado que, el otro objetivo del proyecto fue estimar la contribución de la productividad primaria al crecimiento y biomasa del camarón *L. vannamei*, se consideró la inclusión del tratamiento T1, de 0% de tasa de alimentación (Figura 2.2).

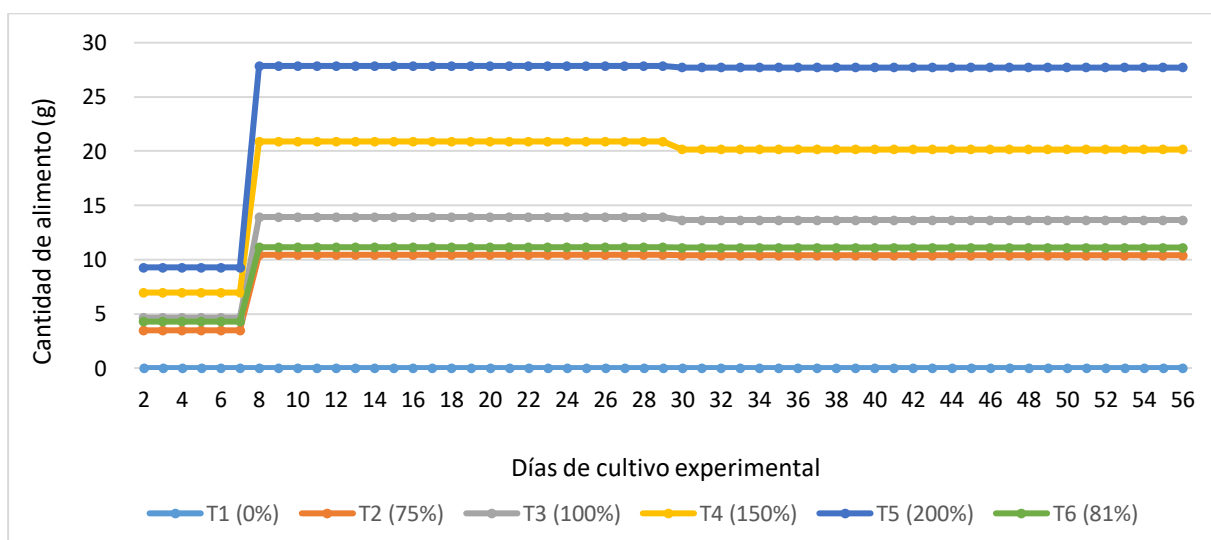


Figura 2.2 Cantidad promedio de alimento diario suministrado a cada tratamiento durante el cultivo experimental de 56 días. T6 corresponde al tratamiento referencial de tasa de alimentación del 100% del protocolo estándar usado en el estudio de Weldon *et al.* (2021), equivalente a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar.

Durante la prueba se utilizó alimento formulado extruido de 1.2 mm EXIA Prime 35% producido por BioMar® para camarones en fase de engorde (Tabla 2.1.).

Tabla 2.1 Especificaciones nutricionales del alimento comercial extruido de 1.2 mm EXIA Prime 35% producido por BioMar® para camarones en fase de engorde

Denominación	Cantidad (%)
Proteína	35
Grasa	6
Fibra	6
Cenizas	17
Humedad	12

Los animales de cada tanque fueron alimentados al voleo 4 veces al día (11:00, 14:00, 17:00 y 20:00). La dosificación se calculó por medio de la fórmula 2.1:

$$\text{Dosis diaria} = \left(\frac{\text{FCA} * \text{CSE} * \text{Número de individuos}}{7} \right) * \text{TA} \quad (2.1)$$

Donde,

FCA = Factor de conversión alimenticio

CSE = Crecimiento semanal esperado (g)

TA = Tasa de alimentación correspondiente a cada tratamiento

7 = Tiempo de dosificación de 7 días (1 semana)

2.4 Muestreo de peso

A mitad de la experimentación (4 de julio 2022, finalizada la semana 4 de cultivo), se realizó un muestreo en cada unidad experimental para estimar el peso promedio de los camarones. Para ello se extrajo una muestra en cada unidad experimental ($n > 26$ individuos) utilizando un chayo, se pesó la biomasa muestreada y se calculó el peso promedio de los camarones de la muestra. A partir de la semana 5 se realizó un ajuste de la cantidad de alimento a suministrar en función de los animales muertos removidos de las unidades experimentales en el muestreo realizado a la mitad de la experimentación (Anexo 2).

2.5 Calidad de agua y manejo

Diariamente se registraron dos veces al día (07:00 y 15:00) los siguientes parámetros de calidad de agua en cada unidad experimental: temperatura, salinidad, clorofila *a*, concentración de oxígeno disuelto y saturación de oxígeno en

el agua de cultivo. Todos los parámetros de calidad de agua fueron colectados con la sonda mutiparamétrica AquaTroll 500® (In-Situ Inc., Fort Collins, Colorado, USA). El registro se realizó en tiempo real a través de la aplicación para teléfono móvil Vu-Situ®. Adicionalmente, en cada unidad experimental se registraron semanalmente los parámetros químicos de amonio y alcalinidad, utilizando el espectrofotómetro de lectura directa YSI 9300® (YSI, Yellow Springs, Ohio, USA). Las muestras de agua (10 mL) colectadas para estos dos últimos parámetros químicos fueron colocadas en tubos específicos de fotometría junto con tabletas reactivas Palintest™ (YSI, Yellow Springs, Ohio, USA). Además, se realizaron conteos de microalgas una vez a la semana en cada unidad experimental utilizando una cámara de Neubauer.

2.6 Cosecha y finalización de prueba en campo

La cosecha se realizó al finalizar las 8 semanas de cultivo (01 agosto 2022) en el día 57 de experimentación. Todos los animales fueron extraídos de las unidades experimentales, contados para el cálculo de la supervivencia, y pesados en un solo grupo en una balanza para calcular el peso promedio de los animales, biomasa final, ganancia de peso y FCA.

2.7 Análisis de datos

La contribución de la productividad primaria a la biomasa y crecimiento de los camarones fue determinada con el tratamiento que no recibió alimento formulado. Las diferencias entre tratamientos de las variables de calidad de agua, peso promedio a las 4 semanas de cultivo, incremento de peso en las primeras cuatro semanas de cultivo, y los parámetros de producción calculados a la cosecha: peso promedio, supervivencia, FCA, incremento semanal de peso y biomasa a la cosecha, así como incremento de peso en las cuatro últimas semanas de cultivo, fueron analizados por análisis de varianza de una vía (ANOVA). La hipótesis nula (sin efecto del tratamiento) fue rechazada con un valor de $p < 0.05$. Previamente, el supuesto paramétrico de homogeneidad de varianza entre tratamientos fue examinado mediante la prueba de Bartlett. En tanto que, el supuesto de normalidad fue examinado a través de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. En base a estos resultados, las variables peso promedio a las 4 semanas de cultivo, incremento de peso en las primeras cuatro semanas de cultivo, FCA e incremento semanal de peso se transformaron a log (Y) para homogeneizar las varianzas.

Cuando el resultado de cada ANOVA fue significativo, se utilizó la prueba de diferencias significativas honestas de Tukey para comparar las medias entre tratamientos. La variable de cantidad de alimento total suministrado durante el cultivo no logró alcanzar los supuestos paramétricos; por lo tanto, las diferencias entre tratamientos se analizaron mediante las pruebas no paramétricas de ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis, y suma de rangos de comparación de pares de Wilcoxon Rank. Se consideró que el efecto de las diferencias entre tratamientos era significativo con valores de $p < 0.05$. Se realizó un análisis de regresión no lineal para observar la variación entre biomasa a la cosecha y cantidad total de alimento balanceado suministrado, y otro análisis de regresión no lineal para evaluar la relación entre peso promedio de cosecha y cantidad total de alimento balanceado suministrado. El análisis de datos se realizó con el software estadístico R Core Team (2020).

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Calidad de agua

No se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos en las siguientes variables de calidad de agua: concentración y saturación de oxígeno en la tarde, temperatura del agua en la mañana y tarde, alcalinidad en la tarde, clorofila *a*, y concentración de microalgas (Tabla 3.1). En tanto que, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos en las variables: concentración y saturación de oxígeno en la mañana, amonio en la mañana y tarde, y alcalinidad en la mañana (Tabla 3.1).

Los resultados del análisis estadístico para las variables concentración y saturación de oxígeno en la mañana tuvieron el mismo patrón entre tratamientos (Tabla 3.1). Los valores promedios más bajos para las dos variables se observaron en los tratamientos T3, T4, T5 y T6; sin presentar diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellos. En tanto que, los promedios más altos para estas dos variables se reportaron en el tratamiento T1, pero sin diferencias significativas ($p > 0.05$) con los tratamientos T2 y T6, y significativamente ($p < 0.05$) superiores a los observados en los tratamientos T3, T4 y T5. Además, los promedios de las dos variables observadas en el tratamiento T2 fueron significativamente ($p < 0.05$) superiores comparados con T5.

Un esquema de diferencias significativas similar al de la concentración de oxígeno disuelto se observó en los promedios de amonio registrados en la mañana, pero mostrando un patrón inverso (Tabla 3.1). De tal forma que, las únicas diferencias significativas se observaron entre el valor promedio de amonio del tratamiento T1, que fue significativamente ($p < 0.05$) inferior, comparado con los promedios registrados en T4 y T5. Así como, entre el valor promedio de amonio de la mañana del tratamiento T2, que también fue significativamente ($p < 0.05$) inferior comparado con T5. En el caso de los promedios de amonio registrados en la tarde, se observó que solamente el amonio en el tratamiento T1 fue significativamente ($p < 0.05$) inferior comparado con lo reportado para T2, T3, T4 y T5.

Además, la alcalinidad registrada en el tratamiento T1 fue significativamente inferior ($p < 0.05$) comparada con la reportada en T5 (Tabla 3.1).

Los promedios globales de calidad de agua en los tanques experimentales fueron: salinidad de 5 mg/L, concentración de oxígeno disuelto de 6.8 mg/L en la mañana y 8.6 mg/L en la tarde, saturación de oxígeno de 82.4% en la mañana y 110.0% en la tarde, temperatura del agua en la mañana de 24.0°C y en la tarde de 26.6°C (Tabla 3.1). Los parámetros de salinidad, temperatura y saturación de oxígeno se encontraron dentro de los rangos de tolerancia para el desarrollo de *L. vannamei* (Chávez & Higuera, 2003; Cuéllar et al., 2010; De León, 2012). De igual manera, la concentración de microalgas fue en promedio de 123188 células/mL y de clorofila *a* fue de 248.1 µg/L. Respecto al amonio, hubo valores promedios por tanque comprendidos en un rango de 0.01 - 0.60 mg/L. Según Chávez & Higuera (2003), el rango de amonio para el desarrollo óptimo del camarón es entre 0.1 y 1.0 mg/L, por lo que los valores observados durante el cultivo experimental estuvieron en un rango normal. Finalmente, los promedios por tanque presentaron valores de alcalinidad, expresada en mg de CaCO₃/L, estuvieron entre 185.0 y 261.0 mg/L, los cuales se encontraron dentro de los rangos ideales para el desarrollo de la especie (Cuéllar et al., 2010).

Tabla 3.1. Parámetros de calidad de agua (promedio \pm desviación estándar) registrados en la mañana (AM) y tarde (PM) durante el cultivo de 56 días en un sistema experimental de alto rendimiento a baja salinidad. Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos según análisis de ANOVA de una vía y la comparación múltiple de Tukey. T6* corresponde al tratamiento referencial de tasa de alimentación del 100% del protocolo estándar usado en el estudio de Weldon et al. (2021), equivalente a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar.

Tratamiento	Tasa de alimentación (%)	Concentración de oxígeno disuelto (mg/L)		Saturación de oxígeno (%)		Temperatura (°C)		Amonio (mg/L)		Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)		Clorofila a (µg/L)	Algas (células/mL)
		AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM		
T1	0	7.1 \pm 0.1 ^c	8.6 \pm 0.1 ^a	85.6 \pm 1.1 ^c	109.8 \pm 1.6 ^a	23.8 \pm 0.1 ^a	26.4 \pm 0.2 ^a	0.07 \pm 0.07 ^a	0.04 \pm 0.02 ^a	195.8 \pm 10.4 ^a	241.2 \pm 22.9 ^a	257.6 \pm 8.8 ^a	125333 \pm 10896 ^a
T2	75	6.9 \pm 0.2 ^{bc}	8.5 \pm 0.2 ^a	83.2 \pm 1.8 ^{bc}	109.3 \pm 2.2 ^a	24.0 \pm 0.1 ^a	26.7 \pm 0.3 ^a	0.14 \pm 0.07 ^{ab}	0.16 \pm 0.05 ^b	205.8 \pm 10.9 ^{ab}	209.2 \pm 20.6 ^a	248.7 \pm 9.6 ^a	120979 \pm 13027 ^a
T3	100	6.8 \pm 0.1 ^{ab}	8.7 \pm 0.1 ^a	81.9 \pm 1.6 ^{ab}	111.0 \pm 1.2 ^a	24.0 \pm 0.1 ^a	26.6 \pm 0.1 ^a	0.23 \pm 0.07 ^{ac}	0.19 \pm 0.04 ^b	207.9 \pm 6.0 ^{ab}	216.8 \pm 12.1 ^a	247.6 \pm 17.5 ^a	120792 \pm 10910 ^a
T4	150	6.8 \pm 0.1 ^{ab}	8.5 \pm 0.2 ^a	82.2 \pm 1.7 ^{ab}	108.9 \pm 2.5 ^a	24.0 \pm 0.1 ^a	26.6 \pm 0.2 ^a	0.33 \pm 0.13 ^{bc}	0.22 \pm 0.04 ^b	212.5 \pm 7.0 ^{ab}	241.8 \pm 16.4 ^a	243.3 \pm 11.7 ^a	131104 \pm 7682 ^a
T5	200	6.5 \pm 0.1 ^a	8.6 \pm 0.2 ^a	79.2 \pm 1.7 ^a	110.1 \pm 2.6 ^a	24.0 \pm 0.2 ^a	26.6 \pm 0.2 ^a	0.43 \pm 0.16 ^c	0.23 \pm 0.06 ^b	220.8 \pm 6.5 ^b	235.2 \pm 6.7 ^a	242.4 \pm 21.4 ^a	121771 \pm 9201 ^a
T6*	81	6.8 \pm 0.1 ^{ac}	8.6 \pm 0.2 ^a	82.5 \pm 0.7 ^{ac}	110.8 \pm 2.9 ^a	24.0 \pm 0.2 ^a	26.6 \pm 0.3 ^a	0.20 \pm 0.12 ^{ac}	0.15 \pm 0.07 ^{ab}	212.9 \pm 13.1 ^{ab}	225.2 \pm 21.1 ^a	248.9 \pm 15.3 ^a	119146 \pm 6307 ^a

3.2 Muestreo a la cuarta semana de cultivo y cosecha

El peso promedio e incremento de peso de los animales del tratamiento T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) a la cuarta semana de cultivo fueron significativamente inferiores ($p < 0.05$, Tabla 3.2) a los registrados en los otros cinco tratamientos. En tanto que no se observaron diferencias significativas entre los otros cinco tratamientos restantes para ambas variables ($p > 0.05$, Tabla 3.2). Además, en ese muestreo se encontró animales muertos en algunas de las unidades experimentales, especialmente en una réplica para cada uno de los tratamientos T3 y en T4 (Apéndice 2). Sin embargo, los animales vivos muestreados presentaron buena actividad, tallas uniformes y coloración adecuada.

A la cosecha, tanto el peso promedio de cosecha, como el incremento de peso de las cuatro últimas semanas de cultivo y el incremento semanal de los camarones durante todo el cultivo experimental, mostraron igual comportamiento al observado a la cuarta semana de cultivo (Tabla 3.2). De tal forma que, para las tres variables, los valores registrados a la cosecha para el tratamiento T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) fueron significativamente inferiores ($p < 0.05$) a los registrados en los otros cinco tratamientos. Mientras que no se observó diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los cinco tratamientos restantes, para ninguna de las variables mencionadas.

En forma interesante, se observó que el incremento de peso de los camarones en el tratamiento T1, donde no se administró alimento formulado, fue de 1.40 g en las primeras cuatro semanas de cultivo experimental, lo cual fue cinco veces (1.40 g / 0.28 g) el incremento de peso registrado en las cuatro últimas semanas del cultivo (Tabla 3.1). Por el contrario, los incrementos de peso en los cinco tratamientos donde se suministró alimento formulado fueron en promedio 1.37 veces superiores en las últimas cuatro semanas del cultivo experimental, comparado con las primeras cuatro semanas de cultivo (Tabla 3.1).

La figura 3.1 muestra la regresión cuadrática entre peso promedio a la cosecha y cantidad total de alimento suministrado por tanque durante el cultivo experimental, siendo consistente con la información del ANOVA. Mediante inspección visual (Figura 3.1) no se observaron diferencias importantes en las pendientes de peso

de cosecha de los camarones cuando se administró en promedio 522.7 g y 561.3 g de alimento formulado durante el ciclo de producción experimental (promedios de total de alimento suministrado durante el cultivo experimental a los tanques de los tratamientos de 75% y 81% de tasa de alimentación). Además, se observó una menor pendiente en el peso de cosecha cuando se administró en promedio 691.5 g de alimento (promedio del total de alimento suministrado a los tanques del tratamiento de 100% de tasa de alimentación). En tanto que, la administración de 1029.1 y 1393.9 g de alimento durante el cultivo experimental (correspondientes a los tratamientos de tasa de alimentación del 150% y 200%) provocó pendientes de peso promedio de cosecha cercanas a cero o negativas (Figura 3.1).

El peso promedio de cosecha de los animales que recibieron el tratamiento T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) fue igual a 2.34 ± 0.15 g. Si se considera que los animales iniciaron con un peso de 0.65 ± 0.25 g (peso de la muestra del lote inicial, $n = 100$), la diferencia de peso igual a 1.69 g representa un aporte semanal de crecimiento de camarón de 0.21 g ($1.69 \text{ g} / 8$ semanas) conferido por la productividad natural del sistema.

Las supervivencias fueron bajas y mostraron alta variabilidad (en promedio para las 24 unidades experimentales = $67.7 \pm 18.9\%$), aunque no se observó diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0.058$, Tabla 3.2). Cabe recalcar que, si se considera un 90% confianza, la única diferencia significativa fue encontrada entre los tratamientos T1 y T5 ($p = 0.025$, resultado de la comparación múltiple de Tukey entre los dos tratamientos). De hecho, la supervivencia a la cosecha de los animales que recibieron el tratamiento T5, tratamiento que corresponde a la mayor tasa de alimentación del 200%, fue la que registró el menor valor ($44.0\% \pm 11.0\%$). Los valores de supervivencia encontrados en este cultivo experimental son similares al 65.19% reportado por Miranda et al., (2010) para un sistema de cultivo de camarón de alto rendimiento en agua dulce (0 – 5 mg/L de salinidad) en más de 90 días de prueba.

Los resultados de FCA mostraron que los tratamientos más eficientes (con menores valores de FCA y sin diferencias significativas entre ellos, $p > 0.05$) fueron T2, T3 y T6 (tratamiento referencial), que son los tratamientos con tasas de alimentación $\leq 100\%$ (Tabla 3.2). En tanto que, el FCA reportado para el tratamiento T5 presentó

el peor desempeño, con un FCA significativamente ($p > 0.05$) superior al resto de los otros cuatro tratamientos de administración de alimento formulado.

La biomasa a la cosecha registrada en los tanques a los que se les administró el protocolo de alimentación T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) fue significativamente inferior ($p < 0.05$) comparado con los otros tratamientos (Tabla 3.2). No se encontró diferencias significativas en la biomasa a la cosecha de los tratamientos T2, T3, T4 y T6 (tratamiento referencial) donde se administró tasas de alimentación entre 75% y 150%. Mientras que la biomasa a la cosecha de los tanques del tratamiento T5 (200% de tasa de alimentación) fue significativamente ($p < 0.05$) inferior al tratamiento T4, pero sin diferencias significativas ($p > 0.05$) con la biomasa registrada en los tratamientos T2, T3 y T6 (tratamiento referencial).

La figura 3.2 muestra la regresión no lineal entre biomasa a la cosecha y cantidad total promedio de alimento suministrado, y presenta información muy similar al anterior gráfico, donde la tasa de alimentación del 75% es la menor tasa a la que se consigue las mayores pendientes de biomasa. Destaca la variabilidad en la biomasa registrada en el tratamiento de 100% de tasa de alimentación (Figura 3.2), con un coeficiente de variación del 32.2% (135.8 g / 422.0 g, Tabla 3.2). En tanto que, menores coeficientes de variación de biomasa a la cosecha, pero sin dejar ser valores altos, se observaron en los tratamientos de 150% y 200% de tasa de alimentación (coeficientes de variación de 22.4 y 22.0 %, respectivamente), contrastados con los coeficientes de variación de la biomasa a la cosecha de 5.8%, 11.8% y 10.9% registrados en los tratamientos de 0%, 75% y 81% de tasa de alimentación, respectivamente.

La biomasa a la cosecha de los animales que recibieron el tratamiento T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) fue igual a 98.35 ± 5.7 g. Si se considera que los animales iniciaron con una biomasa de 32.50 (0.65 g x 50 individuos sembrados), la biomasa aportada por la productividad natural del sistema durante el cultivo experimental de 8 semanas fue de 65.85 g ($98.35 \text{ g} - 32.50 \text{ g}$). Esto determina que aproximadamente el 16.3% ($65.85 \text{ g} / 404.60 \text{ g}$) de la biomasa ganada ($404.60 \text{ g} = 437.10 \text{ g} - 32.50 \text{ g}$) en los camarones alimentados al 75% de tasa de alimentación puede ser atribuida a la productividad natural.

Tabla 3.2. Resultados de los parámetros de producción de los tratamientos a las 4 semanas de cultivo (peso promedio) y cosecha (56 días de cultivo) en un sistema experimental de alto rendimiento a baja salinidad. Los datos se muestran como promedios \pm desviación estándar. Letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos según análisis de ANOVA de una vía y la comparación múltiple de Tukey. Letras distintas para la variable total de alimento suministrado durante el cultivo indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre tratamientos según las pruebas no paramétricas de ANOVA de una vía de Kruskal-Wallis y suma de rangos de comparación de pares de Wilcoxon Rank. T6* corresponde al tratamiento referencial de tasa de alimentación del 100% del protocolo estándar usado en el estudio de Weldon et al. (2021), equivalente a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar.

Tratamientos	Tasa de alimentación (%)	Peso promedio a la 4 ^a semana de cultivo (g)	Incremento de peso en las primeras cuatro semanas de cultivo (g)	Parámetros de producción a la cosecha						
				Peso promedio (g)	Incremento de peso en las últimas cuatro semanas de cultivo (g)	Supervivencia (%)	FCA	Incremento de peso semanal (g)	Biomasa (g)	Cantidad total de alimento suministrado durante el cultivo (g)
T1	0	2.1 \pm 0.1 ^a	1.4 \pm 0.1 ^a	2.3 \pm 0.2 ^a	0.3 \pm 0.2 ^a	84.5 \pm 9.8 ^a	-	0.19 \pm 0.01 ^a	98.4 \pm 5.7 ^a	-
T2	75	6.0 \pm 0.3 ^b	5.3 \pm 0.3 ^b	12.4 \pm 1.4 ^b	6.5 \pm 1.2 ^b	71.5 \pm 16.0 ^a	1.31 \pm 0.17 ^a	1.44 \pm 0.15 ^b	437.1 \pm 51.7 ^{bc}	522.7 \pm 2.7 ^a
T3	100	5.8 \pm 0.1 ^b	5.1 \pm 0.1 ^b	12.7 \pm 1.1 ^b	7.0 \pm 1.2 ^b	67.5 \pm 24.7 ^a	1.98 \pm 0.80 ^{ab}	1.45 \pm 0.08 ^b	422.0 \pm 135.8 ^{bc}	691.5 \pm 14.5 ^c
T4	150	5.9 \pm 0.1 ^b	5.3 \pm 0.1 ^b	13.6 \pm 0.9 ^b	7.7 \pm 0.8 ^b	71.5 \pm 19.8 ^a	2.39 \pm 0.52 ^b	1.58 \pm 0.08 ^b	481.1 \pm 108.0 ^c	1029.1 \pm 31.2 ^d
T5	200	6.2 \pm 0.5 ^b	5.5 \pm 0.5 ^b	13.8 \pm 1.3 ^b	7.6 \pm 1.2 ^b	44.0 \pm 11.0 ^a	5.53 \pm 1.75 ^c	1.53 \pm 0.15 ^b	300.8 \pm 66.3 ^b	1393.9 \pm 7.2 ^e
T6*	81	5.7 \pm 0.4 ^b	5.0 \pm 0.4 ^b	12.9 \pm 0.7 ^b	7.2 \pm 0.4 ^b	67.0 \pm 10.4 ^a	1.44 \pm 0.19 ^{ab}	1.48 \pm 0.07 ^b	428.4 \pm 46.6 ^{bc}	561.3 \pm 2.9 ^b

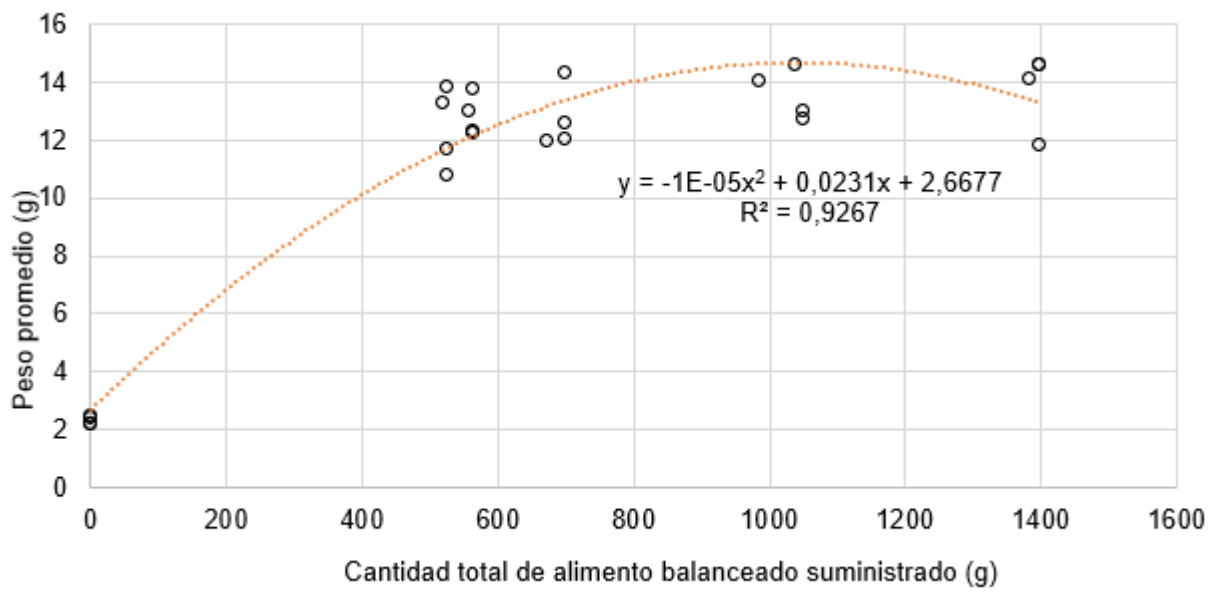


Figura 3.1. Análisis de regresión no lineal entre peso promedio a la cosecha y cantidad total de alimento balanceado suministrado durante el cultivo experimental de 56 días.

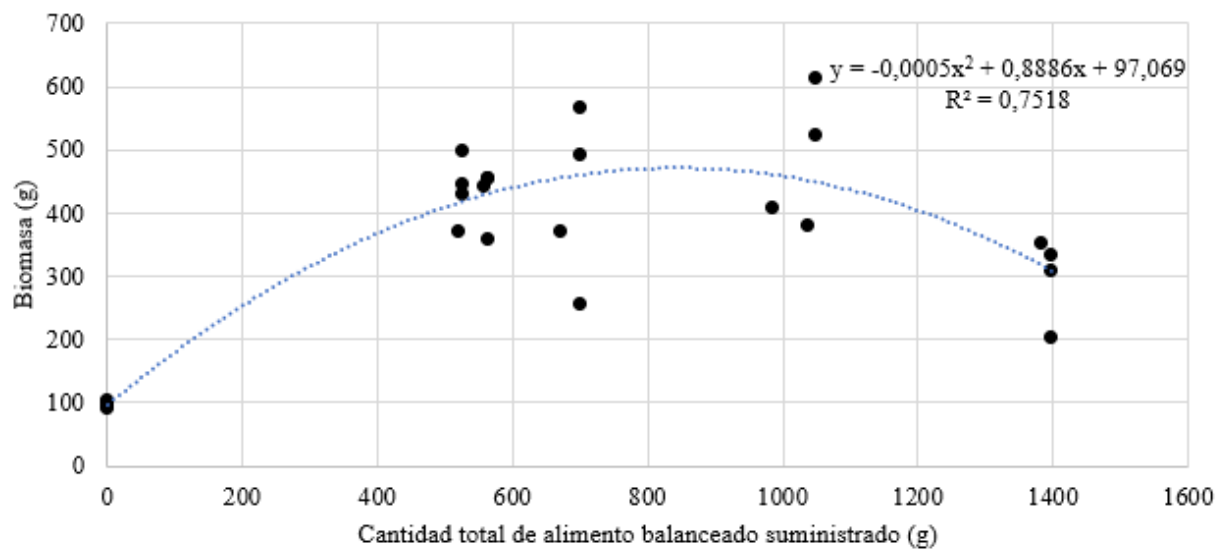


Figura 3.2. Análisis de regresión no lineal entre biomasa a la cosecha y cantidad total de alimento balanceado suministrado durante el cultivo experimental de 56 días.

Cabe recalcar que los resultados de los ANOVAs mostraron que ninguna de las variables productivas fue significativamente distinta entre los tratamientos T2 (tasa de alimentación del 75%) y T6 (tratamiento referencial, equivalente al 81% de tasa de alimentación del protocolo estándar de Biomar). En tanto que, las regresiones no lineales de peso y biomasa a la cosecha *versus* cantidad total de alimento balanceado suministrado durante el cultivo experimental tampoco señaló diferencias visuales en las pendientes entre los dos tratamientos para ambas variables. Dado que, la cantidad de alimento suministrado durante el cultivo experimental para T2 (522.7 ± 2.7 g) fue significativamente menor que el administrado a los tanques del tratamiento T6 (561.3 ± 2.9 g), indicaría una ventaja del tratamiento T2 al haberse usado menos alimento durante el cultivo experimental.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La concentración y saturación de oxígeno en el agua de cultivo registrados a la mañana, así como amonio en la tarde, de los tratamientos con tasa de alimentación $\geq 100\%$ (tratamientos T3, T4 y T5) fueron significativamente inferiores al tratamiento T1 donde no se administró alimento formulado. Además, el amonio registrado en la mañana de los tratamientos con tasa de alimentación de 150% y 200% (tratamientos T4 y T5) fueron significativamente superiores al registrado en el tratamiento T1. Más aun, la alcalinidad observada en el tratamiento T5 (200%) fue significativamente superior al reportado en el tratamiento T1.
- El peso promedio e incremento de peso de los animales a la cuarta semana de cultivo del tratamiento T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) fueron significativamente inferiores a los registrados en los otros cinco tratamientos.
- No se encontró diferencias significativas en el peso promedio e incremento de peso de los animales a la cuarta semana de cultivo entre los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6 (tratamiento referencial), tratamientos donde se administró alimento formulado.
- A la cosecha, tanto el peso promedio e incremento de peso en las últimas cuatro semanas de cultivo, como el incremento de peso semanal de los camarones durante todo el cultivo experimental, mostraron igual comportamiento al observado a la 4ta semana de cultivo, donde el peso de los animales cosechados del tratamiento T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) fue significativamente inferior al registrado en los otros cinco tratamientos, mientras que entre ellos no se observó diferencias significativas.
- El incremento de peso en el tratamiento T1, donde no se administró alimento formulado, tuvo un incremento de peso de 1.40 g en las primeras cuatro semanas de cultivo experimental, lo cual fue cinco veces el incremento de peso registrado en las cuatro últimas semanas. Por el contrario, los incrementos de peso semanal en las últimas cuatro semanas de cultivo fueron 1.37 veces superiores

en los cinco tratamientos donde se suministró alimento formulado, comparados con los registrados en las cuatro primeras semanas de cultivo.

- El análisis de regresión no lineal entre peso promedio a la cosecha y total de alimento suministrado mostró que el tratamiento de menor tasa de alimentación a la que se consiguieron las máximas pendientes fue el de 75%.
- Se observó un aporte semanal de 0.21 g al crecimiento de camarón conferido por la productividad natural del sistema.
- Las supervivencias fueron bajas y mostraron alta variabilidad, pero sin diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, con un 90% confianza se observó supervivencias distintas entre T1 y T5. Esta observación es consistente con la mala calidad de agua registrada en el tratamiento T5, comparada con la reportada en el tratamiento 5 (diferencias significativas entre ambos tratamientos en las variables: concentración y saturación de oxígeno en la mañana, amonio en la mañana y tarde, y alcalinidad y a desfavor del tratamiento 5
- La supervivencia de los animales que recibieron el tratamiento T5, tratamiento que corresponde a la mayor tasa de alimentación del 200%, fue la que registró los menores valores de supervivencia ($44.0\% \pm 11.0\%$).
- Los resultados de FCA mostraron que los tratamientos más eficientes fueron T2, T3 y T6 (tratamiento referencial), que fueron los tratamientos con tasas de alimentación $\leq 100\%$. El FCA reportado para el tratamiento T5 fue el del peor desempeño, siendo significativamente superior al resto de los otros cuatro tratamientos.
- La biomasa a la cosecha registrada en los tanques a los que se les administró el protocolo de alimentación T1 (tratamiento que no recibió administración de alimento formulado) fue significativamente inferior comparado con los otros tratamientos.
- No se encontró diferencias significativas en la biomasa a la cosecha de los tratamientos con tasas de alimentación entre 75% y 150%: T2, T3, T4 y T6 (tratamiento referencial).
- El análisis de regresión no lineal entre biomasa a la cosecha y total de alimento suministrado mostró que el tratamiento de menor tasa de alimentación a la que se consiguieron las máximas pendientes fue el de 75%.

- Se observó una alta variabilidad en la biomasa a la cosecha registrada en los tratamientos de tasas de alimentación $\geq 100\%$ (T3, T4 y T5), especialmente en el tratamiento de 100% (T3). Menores variabilidades fueron observadas en los tratamientos de tasas de alimentación $< 100\%$ (T1, T2 y T6).
- La biomasa aportada por la productividad natural del sistema durante el cultivo experimental de 8 semanas fue de 65.85 g.
- Aproximadamente el 16.3% de la biomasa ganada en los camarones del tratamiento T2 (alimentados al 75% de tasa de alimentación) pudo ser atribuida a la productividad natural.
- Ninguna de las variables productivas fue significativamente distinta entre los tratamientos T2 (75% de tasa de alimentación) y T6 (tratamiento referencial equivalente a una tasa de alimentación del 81% del protocolo estándar de Biomar). Sin embargo, el tratamiento T2 presentó un mejor desempeño al haberse usado significativamente menos alimento durante el cultivo experimental.
- El tratamiento con mejor desempeño global en términos de pesos, incrementos de peso, FCA, biomasa y cantidad de alimento suministrado fue el tratamiento T2 (75% de tasa de alimentación).

4.2 Recomendaciones

- Es importante investigar porque el incremento de peso de los camarones en el tratamiento T1, donde no se administró alimento formulado, fue superior, y con mucha menor magnitud, en las primeras cuatro semanas de cultivo experimental. A diferencia de lo que se observó en los cinco tratamientos donde se suministró alimento formulado, donde los mayores incrementos de peso ocurrieron en las últimas cuatro semanas de cultivo.
- Realizar experimentaciones adicionales con un rango de tasas de alimentación entre 75 y 100%, incrementando la cantidad de réplicas por tratamiento, para afinar los resultados encontrados en este trabajo.

- Se puede aseverar que, extrapolando los datos obtenidos a condiciones de cultivo similares a las de la prueba, sería altamente recomendable incrementar la dosis de alimentación a los camarones a través de alimentadores automáticos. Esto beneficiaría a una gran cantidad de productores en sistemas de cultivo de alto rendimiento y baja salinidad.
- Aumentar la tasa de renovación de agua (>13%) para eliminar las algas muertas y materia orgánica que eleve los niveles de compuestos nitrogenados, que es una de las causas de las mortalidades en sistemas de cultivo, además la aireación del sistema debe ser constante y sin interrupción para evitar la decantación de los flóculos microbianos.

BIBLIOGRAFÍA

Acebo, M. (2018). Panorama Actual de la Industria: Desempeño de la industria y su importancia en la economía local. En *Estudio industriales, orientación estratégica para la toma de decisiones: Industria de Acuicultura* (págs. 10-18). Guayaquil: ESPAE-ESPOL.

AOAC. (2006). *Official methods of analysis*. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.

Ariadi, H., Wafi, A., & Supriatna. (2020). Water Quality Relationship with FCR Value in Intensive Shrimp Culture of Vannamei (*Litopenaeus vannamei*). *Samakia: Jurnal Ilmu Perikanan*, 11(1), 44-55.

Badillo, D., Herzka, S., & Viana, M. (2014). Protein Retention Assessment of Four Levels of Poultry By-Product Substitution of Fishmeal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Diets Using Stable Isotopes of Nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) as Natural Tracers. *PLoS ONE*, 9(9), 1-8.

Bai Arifin, N., Fakhri, M., Yuniarti, A., & Hariati, M. (2018). Phytoplankton community at intensive cultivation system of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei* in Probolinggo, East Java. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6(2), 42-46.

Burford, M., Thompson, P., McIntosh, R., Bauman, R., & Pearson, D. (2003). *Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero exchange shrimp ponds in Belize*. Belize: Aquaculture, Elsevier.

Chávez, M., & Higuera, I. (2003). *Manual de buenas prácticas de producción acuícola de camarón para la inocuidad alimentaria*. Mazatlán, Sinaloa: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, ISBN: 968-5384-04-5.

Cuéllar, J., Lara, C., Morales, V., De Gracia, A., & García, O. (2010). *Manual de buenas prácticas de manejo para el cultivo del camarón blanco *Penaeus vannamei**. C.A., pp. 132: OIRSA-OSPESCA.

Davis, D. A., Amaya, E., Venero, J., Zelaya, O., & Rouse, D. (2006). A Case Study on Feed Management to Improving Production and Economic Returns for the Semi-Intensive Pond Production of *Litopenaeus vannamei*. En: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal. *Avances en*

Nutrición Acuícola VII, Octavo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola (págs. 282-303). Monterrey, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.

De León, M. (2012). *Cartilla práctica para el cultivo del camarón Peneido en Panamá*. Aguadulce, Panamá: Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá.

Emerenciano, M., Rombenso, A., Vieira, F., Martins, M., Coman, G., Truong, H., . . . Simon, C. (2022). Intesification of Penaeid shrimp culture: An applied review of advances in production systems, nutrition and breeding. *Animals*, 12(3): 236.

FAO. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016: Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Gonzabay, N., Vite, H., Garzón, V., & Quizhpe, P. (2021). 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.

Graziuna, M., Loureiro, L., & Carvalho, L. (2017). Digestibility, protein retention rate and ammonia excretion in juvenile fat snook (*Centropomus parallelus*) fed with different protein levels. *Ciência Rural*, 47(7), 1-7.

Haws, M., & Boyd, C. (2001). *Método para mejorar la camaronicultura en Centroamérica*. Managua: Imprenta UCA, ISBN 99924-36-14-X.

Hernández, J. (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*. La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., Programa de Estudios de Posgrado.

Hernández, L., Londoño, J., Hernández, K., & Torres, L. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(1), 70-99.

Junda, M. (2018). Development of Intensive Shrimp Farming, *Litopenaeus vannamei* In Land-Based Ponds: Production and Management. *Journal of Physics: Conference Series* 1028 012020.

Lara, C., Espinoza, A., Rivera, M., Astorga, K., Acedo, E., & Bermúdez, M. (2015). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *Revista AquaTIC*, 43, 1-13.

León, G. (2017). *Elaboración de alimento balanceado para camarón en la empresa Bioalimentar Cía. Ltda.* Ambato, Ecuador: Facultad de Ciencias Administrativas - Universidad de Ambato.

Lozada, V., & Lecaro, K. (2022). Manejo de alimentación en sistema de bajo recambio a baja salinidad. 2022. Área de Raceways, camaronera San Olmedo (Greentrailcorp S. A.).

Martins, T., Odebrecht, C., Jensen, L., D Oca, M., & Wasielesky, W. (2014). *The contribution of diatoms to bioflocs lipid content and the performance of juvenile Litopenaeus vannamei (Boone, 1931) in a BFT culture system.* Rio Grande, Brazil: Aquaculture Research, 1–12.

Miranda, I., Valles, J., Sánchez, R., & Álvarez, Z. (2010). Cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en agua dulce. *Revista Científica Maracaibo, Vol 20 N° 4.*

Molina, C., & Villarreal, H. (2008). *Estrategias de alimentación en la etapa de engorda de camarón.* La Paz, México: CIBNOR S.A., CYTED y PRONACA.

Muchtar, Farkan, M., & Mulyono, M. (2021). Productivity of vannamei shrimp cultivation (*Litopenaeus vannamei*) in intensive ponds in Tegal City, Central Java Province. *Journal of Aquaculture and Fish Health, 10(2), 147-154.*

Novriadi, R., Fadhilah, R., Wahyudi, A., Prayogi, D., Ilham, & Nanda, S. (2021). Effects of nano-scale nutrients supplement on natural productivity of *Thalassiosira* sp. and growth performance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared under intensive conditions using concrete tank culture system. *Jurnal Akuakultur Indonesia, 20 (1), 47-55.*

Pratiwi, N., Widigdo, B., Yasin, A., Soffyan, J., Iswantari, A., & Wulandari, D. (2021). Phytoplankton performance in supporting primary productivity in the intensive culture system of vannamei shrimp. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 744 012054.*

Roy, L., Davis, A., & Whiti, G. (2012). Effect of Feeding Rate and Pond Primary Productivity on Growth of *Litopenaeus vannamei* Reared in Inland Saline Waters of West Alabama. *North American Journal of Aquaculture, 74:1, 20-26.*

Schalles, J. (2006). Optical remote sensing techniques to estimate phytoplankton chlorophyll a concentrations in coastal waters with varying suspended matter and cdom

concentrations. En *Remote Sensing of Aquatic Coastal Ecosystem Processes: Science and Management Applications* (págs. 27-79). Springer.

Segovia, M. (2002). Biofiltros de medio expandible: Una nueva opción en acuicultura. *Panorama Acuícola*, 7(5), 10-11.

Streit, N., Ramírez, L., Queiroz, L., Jacob, E., & Queiroz, M. (2015). Producción de pigmentos naturales (clorofila-a) en biorrefinerías agroindustriales. *Ciencias y Tecnología*, 8(2), 29-36.

Tacon, A. (2017). Biosecure shrimp feeds and feeding practices: guidelines for future development. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48, 381-392.

Ullman, C., Rhodes, M., & Davis, D. (2019). Feed management and the use of automatic feeders in the pond production of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 498, 44-49.

Ullman, C., Rhodes, M., Hanson, T., Cline, D., & Davis, D. (2017). A new paradigm for managing shrimp feeding. *World Aquaculture Society*, 30-34.

Van, T., Rhodes, M., Zhou, Y., & Davis, D. (2017). Feed management for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* under semi-intensive conditions in tanks and ponds. *Aquaculture Research*, 1-10.

Vera-López, F., & Martínez, A. (2021). Pigmentos en microalgas: funciones, aplicaciones y técnicas de sobreproducción. *BioTecnología*, 25(5), 35-51.

Weldon, A., Davis, A., Rhodes, M., Reis, J., Stites, W., & Ito, P. (2021). Feed management of *Litopenaeus vannamei* in a high density biofloc system. *Aquaculture* 544.

APÉNDICES

Apéndice 1. Biomasa de los animales por unidad experimental a la siembra del cultivo experimental (06 junio 2022).

Tratamiento	Tasa de alimentación (%)	Tanque	No. camarones sembrados	Biomasa (g)	Peso promedio de los camarones (g)
T1	0	1	50	33,43	0,67
		7	50	33,20	0,66
		9	50	33,59	0,67
		16	50	33,87	0,68
T2	75	3	50	32,65	0,65
		17	50	33,42	0,67
		22	50	33,13	0,66
		24	50	32,41	0,65
T3	100	2	50	34,37	0,69
		11	50	33,91	0,68
		13	50	33,52	0,67
		23	50	33,64	0,67
T4	150	8	50	32,56	0,65
		12	50	33,77	0,68
		15	50	33,24	0,66
		20	50	32,51	0,65
T5	200	5	50	32,94	0,66
		10	50	32,93	0,66
		18	50	33,47	0,67
		21	50	32,83	0,66
T6	100	4	50	33,75	0,68
		6	50	33,96	0,68
		14	50	33,93	0,68
		19	50	32,71	0,65

Apéndice 2. Número de camarones vivos y muertos, y peso promedio de los camarones por unidad experimental en el muestreo realizado a la mitad de la experimentación (4 de julio 2022, finalizada la cuarta semana de cultivo).

Tratamiento	Tasa de alimentación (%)	Tanque	No. camarones vivos colectados en la muestra	Número de camarones muertos colectados en la muestra	Peso total de camarones vivos colectados en la muestra (g)	Peso promedio de los camarones de la muestra (g)
T1	0	1	47		101,47	2,16
		7	37		75,48	2,04
		9	32		66,79	2,09
		16	35		69,47	1,98
T2	75	3	42		244,58	5,82
		17	39		224,10	5,75
		22	31		198,74	6,41
		24	34	1	200,38	5,89
T3	100	2	43		253,36	5,89
		11	38		223,02	5,87
		13	32	4	182,52	5,70
		23	26		145,21	5,59
T4	150	8	40		236,58	5,91
		12	38		226,02	5,95
		15	37	6	216,31	5,85
		20	36	1	217,53	6,04
T5	200	5	27		161,93	6,00
		10	35	1	206,60	5,90
		18	32		191,44	5,98
		21	27		185,53	6,87
T6	100	4	37		196,01	5,30
		6	35		195,10	5,57
		14	34	1	200,87	5,91
		19	31		189,22	6,10

Apéndice 3. Fotografías registradas durante el desarrollo de la experimentación.



