

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA



**INFLUENCIA DEL CONCENTRADO SOLUBLE DE PESCADO
SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Litopenaeus vannamei* EN ETAPA DE
ENGORDE**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

GUILLERMO ALONSO NAVA AVENDAÑO

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	DOC. 7 - Influencia del concentrado soluble de pescado sobre el crecimiento de Litopenaeus vannamei en etapa de engorde.docx (D145587181)
Submitted	10/5/2022 3:36:00 AM
Submitted by	Wilfredo Lorenzo Vásquez Quisepsivana
Submitter email	wvasquez@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	wvasquez.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERÍA
INFLUENCIA DEL CONCENTRADO SOLUBLE DE PESCADO
SOBRE EL CRECIMIENTO DE Litopenaeus vannamei EN ETAPA DE ENGORDE
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO
GUILLERMO ALONSO NAVA AVENDAÑO
LIMA – PERÚ
2022

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art.24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE PESQUERÍA
INFLUENCIA DEL CONCENTRADO SOLUBLE DE PESCADO
SOBRE EL CRECIMIENTO DE Litopenaeus vannamei EN ETAPA DE ENGORDE
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

Presentado por:

GUILLERMO ALONSO NAVA AVENDAÑO

Aprobada por el siguiente jurado evaluador:

Mg. Sc. María Cristina Miglio Toledo

Mg. Sc. Beatriz Elena Angeles Escobar Miembro

Dr. Niceas Carlos Vílchez Paredes

Miembro

Dr. Wilfredo Lorenzo Vásquez

Quispesivana Mg. Sc. Víctor J. Vergara Rubín

Co - Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA RECTORADO FACULTAD DE PESQUERIA

"Año de la Universalización de la Salud"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N° 002-FAPE-2022

Los que suscriben, Miembros de Jurado para la sustentación de la tesis titulada:

"Influencia del soluble de pescado sobre el crecimiento de Litopenaeus vannamei en etapa de engorde"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**INFLUENCIA DEL CONCENTRADO SOLUBLE DE PESCADO
SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Litopenaeus vannamei* EN ETAPA DE
ENGORDE**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

Presentado por:

GUILLERMO ALONSO NAVA AVENDAÑO

Aprobada por el siguiente jurado evaluador:

Mg. Sc. María Cristina Miglio Toledo
Presidente

Mg. Sc. Beatriz Elena Angeles Escobar
Miembro

Dr. Niceas Carlos Vílchez Paredes
Miembro

Dr. Wilfredo Lorenzo Vásquez
Quispesivana
Asesor

Mg. Sc. Víctor J. Vergara Rubín
Co – Asesor

DEDICATORIA

Con todo el amor y aprecio de mi ser, dedico este trabajo:

- A mis padres Walther y Milagro del Pilar, a mis hermanos Daniel y Brenda, quienes forjaron la base de mi vida con sus valores y enseñanzas.
- A mi familia en general, con mención especial a Domingo, que ya no se encuentra presente entre nosotros, pero sé que este momento lo haría muy dichoso y a Abril, mi sobrina hermosa que está empezando a vivir.
- A mis amigos siempre leales: Renato, Jean Paul, Jorge, Héctor, María Fernanda, Diego, Andy.
- A mi único y verdadero amor, Ximena, quien ha estado para mí desde el primer día en el que nos conocimos.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por mi formación profesional y humana durante mi etapa universitaria y posterior a ella; a sus profesores en general y a mis asesores: Dr. César Pizardi, Ing. Wilfredo Vásquez e Ing. Víctor Vergara; a la planta de alimentos balanceados La Molina, por proveer las formulaciones de los alimentos que se usaron en el presente estudio.

Mis más sinceros agradecimientos al CITE acuícola de la Universidad Privada Cayetano Heredia por todo el apoyo brindado, en especial al colaborador principal Dr. David Saldarriaga de la Universidad Nacional de Tumbes.

Finalmente, una mención especial a la empresa ATISA SAC por brindar facilidades en temas de infraestructura y hospedaje.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE

GENERAL

ÍNDICE DE

TABLAS

ÍNDICE DE

FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	GENERALIDADES	1
1.2	OBJETIVOS	2
1.2.1	Objetivo general	2
1.2.2	Objetivos específicos	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	GENERALIDADES DEL LANGOSTINO	3
2.1.1	Clasificación taxonómica	3
2.1.2	Características morfológicas	3
2.1.3	Distribución geográfica y hábitat de la especie	5
2.1.4	Parámetros de cultivo de <i>L. vannamei</i> en etapa de engorde	5
a.	Tasa de crecimiento	5
b.	Densidad de cultivo	5
c.	Tolerancia de salinidad	6

d.	Tolerancia de temperatura	6
e.	Requerimiento de proteína en su dieta	6
f.	Sobrevivencia larval	6
g.	Resistencia a las enfermedades	7
2.2	REQUERIMIENTOS FISICOQUÍMICOS DEL SISTEMA INTENSIVO DE CRIANZA PARA ENGORDE DE LANGOSTINO <i>L. vannamei</i>	8
2.2.1	Temperatura	9
2.2.2	Oxígeno disuelto	9
2.2.3	Salinidad	10
2.2.4	Potencial hidrógeno (pH)	11
2.2.5	Amonio, nitritos y nitratos	11
2.2.6	Fosfatos	13
2.2.7	Alcalinidad	13
2.2.8	Iones	14
2.2.9	Cloruros	15
2.3	NUTRICIÓN DURANTE LA ETAPA DE ENGORDE	15
2.3.1	Tipo de alimento	15
2.3.2	Ración alimenticia	16
2.3.3	Frecuencia de alimentación	17
2.4	CONCENTRADO SOLUBLE DE PESCADO (CSP)	19
III.	METODOLOGÍA	21
3.1	LUGAR DE ESTUDIO	21
3.2	EQUIPOS Y MATERIALES	21
3.2.1	Equipos	21
3.2.2	Material biológico	22
3.2.3	Material de laboratorio	22
3.2.4	Alimento formulado	22
3.2.5	Reactivos químicos	22
3.3	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	23
3.3.1	Grupo y unidad experimental	24

3.3.2	Obtención de post larvas para el cultivo	24
3.3.3	Sala de pre cría	24
3.3.4	Área experimental de engorde – acondicionamiento del invernadero	25
3.3.5	Siembra de juveniles para engorde y manejo experimental	26
3.3.6	Alimentación	26
a.	Factor de conversión alimenticia	27
b.	Peso corporal promedio (PC)	27
c.	Biomasa	27
d.	Tasa de crecimiento absoluto y relativo	28
e.	Sobrevivencia final	28
3.3.7	Control y manejo de las características fisicoquímicas del agua	28
a.	Nitrito	29
b.	Nitrato	30
c.	Amonio total	30
d.	Fosfato	31
3.3.8	Controles biométricos	32
3.3.9	Diseño experimental	32
3.3.10	Modelo experimental	33
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1	FASE DE ENGORDE	34
4.2	PARÁMETROS PRODUCTIVOS	35
4.2.1	Factor de conversión alimenticia (FCA)	35
4.2.2	Biomasa	38
4.2.3	Tasa de crecimiento absoluta y relativa	40
4.2.4	Sobrevivencia	44
4.3	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	46
4.3.1	Temperatura	46
4.3.2	Oxígeno disuelto	47
4.3.3	Salinidad	49
4.3.4	Potencial de hidrógeno (pH)	50

4.3.5	Amonio, amoniaco, nitritos y nitratos	51
4.3.6	Fosfatos	54
4.3.7	Dureza cálcica, alcalinidad, calcio y magnesio	55
4.3.8	Potasio	58
4.3.9	Cloruros	59
4.4	RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y FISICOQUÍMICOS	59
V.	CONCLUSIONES	61
VI.	RECOMENDACIONES	62
VII.	BIBLIOGRAFÍA	63
VIII.	ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Anatomía funcional general de <i>Litopenaeus vannamei</i>	4
Tabla 2: Rangos óptimos de algunos parámetros fisicoquímicos para el cultivo de <i>L. vannamei</i>	9
Tabla 3: Influencia del pH en <i>L. vannamei</i>	11
Tabla 4. Tasa de alimentación expresada en porcentaje del peso vivo para post larva y juveniles en estanques de pre cría a densidades de 150 – 200 ind m ⁻²	17
Tabla 5: Frecuencia de alimentación según horario sugerido para <i>L. vannamei</i>	18
Tabla 6: Composición proximal (g (100g) ⁻¹ de materia seca ± desviación estándar) y contenido de energía bruta (Kcal g ⁻¹) del concentrado proteico de solubles de pescado (CPSP o CSP)	21
Tabla 7: Perfil de aminoácidos esenciales (g (100g) ⁻¹ de alimento ± desviación estándar) del concentrado proteico de solubles de pescado (CPSP o CSP)	21
Tabla 8: Composición nutricional del alimento control	23
Tabla 9: Tabla de alimentación	27
Tabla 10: Carta de calibración de Nitricol®	30
Tabla 11: Carta de calibración de amoníaco	31
Tabla 12: Parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua	34
Tabla 13: Parámetros productivos finales	35
Tabla 14: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para FCA	36
Tabla 15: Valores promedio de FCA y prueba t-Student	37
Tabla 16: Evolución de FCA durante el experimento	38
Tabla 17: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para biomasa	39
Tabla 18: Valores promedio de biomasa final y prueba t-Student	39

Tabla 19: Evolución de la biomasa durante el experimento	40
Tabla 20: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para TCA	41
Tabla 21: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para TCR	42
Tabla 22: Valores promedio de peso individual / promedios de TCA y TCR	43
Tabla 23: Promedio de temperatura y prueba t-Student	47
Tabla 24: Promedio de oxígeno disuelto y prueba t-Student	48
Tabla 25: Promedio de salinidad y prueba t-Student	49
Tabla 26: Promedio de potencial hidrógeno y prueba t-Student	50
Tabla 27: Promedio de amonio y prueba t-Student	51
Tabla 28: Promedio de amoniaco y prueba t-Student	52
Tabla 29: Promedio de nitrato y prueba t-Student	53
Tabla 30: Promedio de nitrito y prueba t-Student	54
Tabla 31: Promedio de fosfato y prueba t-Student	55
Tabla 32: Promedio de dureza cálcica y prueba t-Student	56
Tabla 33: Promedio de bicarbonato y prueba t-Student	56
Tabla 34: Promedio de carbonato y prueba t-Student	57
Tabla 35: Promedio de calcio y prueba t-Student	58
Tabla 36: Promedio de magnesio y prueba t-Student	58
Tabla 37: Promedio de potasio y prueba t-Student	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología del 2° segmento abdominal (cola) en los peneidos	4
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de concentrado soluble de pescado en polvo	18
Figura 3. Distribución aleatorizada de los tanques de experimentación	25
Figura 4. Comportamiento diario del peso individual promedio con relación a la TCA	44
Figura 5. Comportamiento semanal de las formulaciones en función de la sobrevivencia promedio	44
Figura 6. Variación porcentual semanal de la sobrevivencia	45
Figura 7. Análisis agrupado de las formulaciones en función de la temperatura	47
Figura 8. Análisis agrupado de las formulaciones en función del oxígeno disuelto	48
Figura 9. Análisis agrupado de las formulaciones en función de la salinidad	50
Figura 10. Análisis agrupado de las formulaciones en función del pH	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Análisis químico proximal de la dieta referencia “La Molina”	77
ANEXO 2. Análisis químico proximal del concentrado soluble de pescado (Lote 1366)	78
ANEXO 3. Perfil de aminoácidos del concentrado soluble de pescado (Lote 1366)	79

RESUMEN

La tesis tuvo como objetivo determinar la influencia del concentrado soluble de pescado sobre el crecimiento del langostino patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) en etapa de engorde, evaluando parámetros biométricos al comparar tres dietas alimenticias con reemplazo parcial de harina de pescado (HP) por concentrado soluble de pescado (CSP). Las formulaciones comprendieron 25% CSP + 75% HP (FD), 50% CSP y HP (FA) y 75% CSP + 25% HP (FB), más un control 100% HP (FC), evaluadas con 4 repeticiones cada una, en la granja camaronera ATISA ubicada en Puerto Pizarro, Tumbes. La prueba experimental comenzó a una densidad de 140 ind m^{-3} , bajo constante aireación ($\text{O}_2 > 5.0 \text{ mg L}^{-1}$) y temperatura ($30.68 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$), con organismos de peso individual promedio de $0.5 \pm 0.02 \text{ g}$. Durante los 45 días de experimentación, se realizaron mediciones de parámetros físicoquímicos. Los controles biométricos de peso fueron realizados semanalmente, asimismo, la tasa de sobrevivencia y el peso de alimento no consumido fueron registrados diariamente. Los datos colectados (biométricos y de calidad de agua) se evaluaron con el programa estadístico R mediante un análisis ANOVA y la prueba t-Student con un nivel de confianza al 95%. Se desarrolló un diseño completamente al azar (DCA). Los resultados finales fueron: pesos individuales promedio de $9.22 \pm 0.68 \text{ g}$ para FA, $11.37 \pm 0.85 \text{ g}$ para FB, $8.99 \pm 0.97 \text{ g}$ para el control FC y $9.35 \pm 0.47 \text{ g}$ para FD, con una tasa de crecimiento absoluta (TCA) igual a $0.20 \pm 0.02 \text{ mg día}^{-1}$, $0.25 \pm 0.01 \text{ mg día}^{-1}$, $0.20 \pm 0.02 \text{ mg día}^{-1}$ y $0.21 \pm 0.01 \text{ mg día}^{-1}$ y un factor de conversión alimenticia (FCA) igual a 1.41 ± 0.75 , 1.71 ± 0.87 , 1.41 ± 0.73 y 1.41 ± 0.66 , respectivamente. Los parámetros físicoquímicos de calidad de agua no presentaron diferencias significativas. FB presentó diferencias significativas para el FCA, biomasa y peso individual promedio por sobre las demás formulaciones y principalmente sobre el control.

Palabras clave: alta densidad de cultivo, crecimiento, concentrado soluble de pescado, langostino, *Litopenaeus vannamei*.

ABSTRACT

The objective of this thesis was to establish the fish soluble concentrate (FSC) influence on the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) growth to assess biometric parameters during the comparison of three diets entailed the partial replacement of fishmeal (FM) by fish soluble concentrate (FSC). The diets included amounts by 25% FSC + 75% FM (FD), 50% FSC and FM (FA) and 75% FSC + 25% FM (FB) and one control 100% FM (FC) and were evaluated in 4 repetitions each one carried out in the shrimp field ATISA Company in Puerto Pizarro, Tumbes. The experimental phase began at the density of 140 shrimp.m⁻³ density exposed to constant aeration (O₂ > 5.0 mg L⁻¹) and controlled temperature (30.68±0.5 °C) when the organisms registered a total individual mean weight of 0.5±0.02 g. For 45 days, physicochemical parametric values were evaluated. Biometric controls were carried out each week, and individual weights became registered; on the other hand, the survival rate and weight of uneaten food were monitored daily. All the collected data (biometrics and water quality) were processed by the R statistical program using a one-way ANOVA analysis, and t-Student test with a confidence level of 95%. A completely randomized design (CRD) was performed. After completing the experimental evaluation, final weights of 9.22±0.68 g were acquired for F A, 11.37±0.85 g for F B, 8.99±0.97 g for F C (control), and 9.35±0.47 g for F D with absolute growth rate (AGR) equal to: 0.20±0.02 mg day⁻¹, 0.25±0.01 mg day⁻¹, 0.20±0.02 mg day⁻¹, and 0.21±0.01 mg day⁻¹ and feed conversion ratio (FCR) equivalent to: 1.41±0.75, 1.71±0.87, 1.41±0.73, and 1.41±0.66 respectively. No significant differences among treatments were observed based on water quality parameters. The FB presented a remarkable difference in FCR, biomass, and average weight over the others and from control, predominantly.

Keywords: high culture density, growth, soluble fish concentrate, shrimp, *Litopenaeus vannamei*.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Litopenaeus vannamei es una de las principales especies cultivadas de langostino a nivel mundial debido a tres características: elevada supervivencia a una alta densidad de cultivo, capacidad osmorreguladora y principalmente por su rápido crecimiento; sin embargo, estas potencialidades son dependientes de factores como la calidad del agua y la alimentación.

Los requerimientos alimenticios de los organismos en cultivo son muy complejos y se requiere especificidad de las formulaciones que se aplican a lo largo de sus ciclos de vida y en diferentes condiciones medioambientales. De esta manera, la elaboración de alimentos se encuentra en la constante búsqueda de ingredientes de menor costo, en reemplazo de la harina y aceite de pescado, sin afectar la calidad final de los individuos cultivados.

La investigación en nutrición acuícola centra su importancia en la reducción del costo de alimentación, identificando a la proteína y su proporción energética como el componente con mayor precio en el mercado y que además es el más importante para el crecimiento; las dietas para engorde de *L. vannamei* dependen de la talla, edad, estado fisiológico, tasa de crecimiento y características propias del comportamiento de la dieta en proporción energética

– proteína y la propia fuente de proteína (Colvin y Brand, 1977; Bhaskar y Ali, 1984; Akiyama *et al.*, 1992; Guillaume, 1997; Pedrazzoli *et al.*, 1998).

Los alimentos formulados deben ser optimizados considerando la obtención de un crecimiento rápido, un mejoramiento del factor de conversión alimenticio, una mejor resistencia a las enfermedades, un menor costo y contaminación a causa de los compuestos nitrogenados y fosforados. Civera *et al.* (2000) rescata que la fuente principal de proteína es la harina de pescado, principal requerimiento como insumo en alimentos acuícolas; de este hecho surge la necesidad de encontrar un sustituto nutricionalmente eficiente o que el propio insumo llegue a aportar de manera óptima

reduciendo los costos de producción y de generación de contaminación (Hardy, 2001).

Existe un insumo derivado de la producción de harina de pescado que se produce después de la condensación del licor de prensa, obtenido mediante el proceso de deshidratación por atomización y que es llamado concentrado proteico de soluble de pescado (CSP).

El CSP constituye una fuente importante de vitaminas del grupo B, particularmente la vitamina B12, adicionalmente a su composición en aminoácidos, minerales y energía (Barlow y Windsor, 1984; Au Díaz, 1996). Según los autores Grasso (1973), Barlow y Windsor (1984) y Madrid *et al.* (1995) existen posibilidades de atribuir un factor de crecimiento gracias a la composición que poseen los solubles de pescado.

La adición del CSP como insumo en la elaboración de alimento balanceado puede contribuir con un mejor crecimiento para las especies de cultivo, por lo que es esencial realizar investigación sobre el uso de este insumo en la alimentación de *L. vannamei* y sus efectos sobre el crecimiento.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar la influencia del concentrado soluble de pescado sobre el crecimiento de

Litopenaeus vannamei en etapa de engorde.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar la formulación nutricional más adecuada reemplazando parcialmente la harina de pescado en la dieta con el mantenimiento de los parámetros productivos.
- Evaluar la ganancia de peso semanal, la tasa de crecimiento, el consumo de alimento y la biomasa final del langostino patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) al comparar tres dietas alimenticias con reemplazo parcial de harina de pescado (HP) por concentrado soluble de pescado (CSP).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL LANGOSTINO

2.1.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica del langostino o camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) es:

Subfilo:

Crustacea

Clase:

Malacostraca

Subclase:

Eumalacostraca

Orden: Decapoda

Suborden: Dendrobranchiata (Bate,

1888) Familia: Penaeidae

Género: *Litopenaeus* (Streets, 1871)

Especie: *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

Según Boone (1931), esta clasificación se encuentra supeditada a su expansión geográfica.

2.1.2 Características morfológicas

El langostino o camarón patiblanco (*L. vannamei*) presenta un *rostrum* largo con 7-10 dientes dorsales y 2-4 dientes ventrales, como rasgo característico; el resto de su morfología es compleja: un cefalón (5 segmentos), un tórax (8 segmentos, unidos en un cefalotórax) y un abdomen (6 segmentos). La coloración es blanca translúcida, con oscilación por tipo de sustrato, alimentación y turbidez del agua. Llegan a medir como máximo unos 28cm, siendo las hembras las que se desarrollan más rápido (Pérez-Farfante y Kensley, 1997).

Bate (1888), en referencia a un tipo de branquias que solamente los langostinos poseen, les asignó como término de suborden el término *Dendrobranchiata*, tal que finalmente fue adoptado por la mayoría de los expertos; aquel nuevo designio se debe a la extensión del primer segmento abdominal un poco por encima del segundo el cuál a su vez se encuentra superpuesto al tercero (Figura 1).

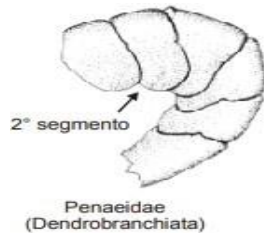


Figura 1. Morfología del 2° segmento abdominal (cola) en los penaeidos

Fuente: FAO, 1995

La anatomía funcional del langostino, según Brock y Main (1995) se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Anatomía funcional general del *Litopenaeus vannamei*

Órgano / Estructura	Función principal
Antena	Sensor táctil (detección predatora)
Complejo glandular antenal	Excreción y balance osmótico
Anténulas	Quimiorrecepción
Exoesqueleto	Soporte externo y barrera protectora
Intestino anterior (boca, esófago y estómago)	Ingesta, masticación y almacenamiento temporal del alimento
Branquias	Respiración, excreción, osmorregulación, fagocitosis
Hepatopáncreas	Digestión, adsorción y almacenamiento de nutrientes
Órgano linfoide	Posible entrampamiento de antígenos, fagocitosis
Mandíbulas, palpos mandibulares y palpos branquiales	Sensores táctiles, escojo de partículas alimenticias, movimiento del agua sobre las branquias
Intestino medio	Absorción y excreción
Periópodos y pleópodos	Locomoción, quimiorrecepción

Fuente: Brock y Main, 1995

2.1.3 Distribución geográfica y hábitat de la especie

Nativo de las costas del océano Pacífico al centro y sur de América, desde México hasta el norte del Perú, ocupando un rango de distribución uniforme, pero con mayor abundancia en Nicaragua (Rosenberry, 2002), en áreas donde la temperatura del agua se encuentra por encima de los 20 °C durante el año (Wyban y Sweeney, 1991; Rosenberry, 2002). Se conoce que existen condiciones ambientales con diferencias entre las poblaciones aisladas y las de cultivo (Briggs *et al.*, 2004).

2.1.4 Parámetros de cultivo *L. vannamei* en etapa de engorde

a. Tasa de crecimiento

El potencial de crecimiento del langostino *L. vannamei* va desde los 3 g semana⁻¹ hasta los 20 g en condiciones de cultivo intensivo (150 ind m⁻²). Wyban y Sweeney (1991) señalan que esta especie puede llegar a valores superiores de los 20 g de peso, aunque su crecimiento, normalmente en machos, se ve comprometido a un crecimiento menor de 1 g semana⁻¹.

Martínez *et al.*, (2014) señalan que el crecimiento normal de *L. vannamei* oscila entre 0.5 y

0.7 g de incremento de peso a la semana y este se encuentra relacionado a la edad del individuo, desarrollando más durante edades tempranas.

En función a la efectividad en el consumo de alimento, Talavera *et al.*, (2005) mencionan que un buen factor de conversión alimenticia (FCA) se encuentra entre los rangos de 1:1 y 1.3:1 para alimento balanceado en el cultivo de *L. vannamei*. Para Boyd *et al.*, (2001) los valores de FCA deben situarse entre 1.5 y 2.0, aún con altas densidades de siembra. Delgado (2000) también señala la importancia del control de la densidad debido a su relación inversamente proporcional con el crecimiento.

b. Densidad de cultivo

Briggs *et al.* (2004), indican que el langostino patiblanco (*L. vannamei*) puede desarrollarse con normalidad a altas densidades de cultivo con valores que datan de los 150 ind m⁻² en estanques hasta los 400 ind m⁻² en tanques con recirculación de agua; así mismo señalan que el control de parámetros del agua de cultivo resulta fundamental en la producción de gran cantidad de *L. vannamei* en áreas limitadas. Sin embargo, según Delgado (2000), si se consideran menores densidades

poblacionales en lo posible, el ritmo de crecimiento se verá favorecido. Para Roque *et al.* (2015) el mayor crecimiento se obtiene a la densidad de 40 indm⁻² y el mayor rendimiento productivo a la densidad de 80 ind m⁻².

c. Tolerancia de salinidad

Según Wyban y Sweeney (1991), los langostinos de la especie *L. vannamei*, son capaces de tolerar un gran rango de salinidad, considerando valores desde 0.5 hasta 45 UPS, de preferencia entre 7 y 34 UPS, mostrando un buen desarrollo entre los 10 y 15 UPS (tomando en cuenta el valor isosmótico de la hemolinfa con el ambiente). Balakrishnan *et al.* (2011) por su parte señalan que *L. vannamei* tolera salinidades de 2 a 45 UPS y recomienda el cultivo entre 10 a 35 UPS.

Barba (1999) menciona que *L. vannamei* pertenece a las especies con capacidades eurihalinas, con capacidad de regulación osmótica e iónica.

d. Tolerancia de temperatura

Briggs *et al.* 2004 indican que *L. vannamei* puede tolerar un gran rango de temperatura, teniendo una preferencia de desarrollo entre 23 °C y 30 °C, fijando un valor óptimo entre los 30 °C cuando es pequeño (< 1 g) y 27 °C cuando es más grande (12–18 g). Talavera (1997), asegura que un alto grado de temperatura afectará directamente al ritmo de crecimiento, portratarse de una especie poiquilotérmica, en función a que se acelera el metabolismo energético.

e. Requerimiento de proteína en su dieta

El requerimiento de proteína de *L. vannamei* es relativamente disminuido en comparación con otras especies de langostinos, oscila entre los 20 y 35% y es capaz de aprovechar la productividad natural de los estanques aún en condiciones intensivas de cultivo (Wyban y Sweeney, 1991). La productividad natural bacteriana es un buen estimulante en el cultivo en estanques (McIntosh *et al.*, 1999) Además se encuentra la alta eficiencia de conversión alimenticia (se estima en 1.2); factor que permite obtener un mayor peso de individuos con más supervivencia y, por ende, una mayor ganancia al invertir menos en la cantidad de proteína solicitada (Briggs *et al.* 2004).

f. Supervivencia larval

El ciclo de vida del *L. vannamei* facilita su selección genética y manejo durante sus

primeros estadios, tasas de crecimiento y resistencia a las enfermedades, implicando una sostenibilidad amigable en el cultivo de la especie, obteniendo de tal manera una cantidad abundante de individuos que mantienen una sobrevivencia alta y equivalente al 50-60% del total (Rosenberry, 2002). Los resultados finales de sobrevivencia son afectados por el origen de la semilla y según Berger *et al.* (2005), son las provenientes de laboratorio las que manifiestan una mayor resistencia en comparación con las silvestres; por otro lado, Kir y Kumlu (2008) consideran que además del origen se debe tomar en cuenta los parámetros temperatura y salinidad, como factores importantes en la sobrevivencia de *L. vannamei*.

Clifford (1994), manifestó la implicancia en las dietas con relación a la sobrevivencia produciendo un desempeño equivalente al 71.51% mediante un sistema de alimentación múltiple basado en cuatro raciones diarias de un alimento peletizado con 35% de proteína. Samocha *et al.* (2004), afirman que el uso de subproductos en reemplazo de la harina de pescado en alimentos de *L. vannamei* no reporta efectos negativos sobre la sobrevivencia.

Según Valverde y Alfaro (2015), la sobrevivencia a partir de la fase de pre cría hasta engorde tiene mejores resultados cuando el cultivo de *L. vannamei* se encuentra a altas densidades, pues reduce la susceptibilidad del animal a las diferentes condiciones climáticas luego de su traslado; sin embargo, no se descarta el manejo controlado de la calidad de agua y condiciones óptimas para garantizar una influencia directa en los rendimientos de producción.

g. Resistencia a las enfermedades

Según Wyban y Sweeney (1991), *L. vannamei*, es considerado como una de las más resistentes en comparación con otras especies de langostinos.

Una de las ventajas del cultivo de *L. vannamei* es su adaptabilidad al cultivo en evaluación de su posible captación de patógenos específicos libres; los individuos son rigurosamente seleccionados luego de ser sometidos a cuarentenas y exposición del proceso estresor de los patógenos, de manera que se asegure su calidad para una libre exposición a enfermedades durante la crianza (Briggs *et al.*, 2004); aunque no asegura que los animales se encuentren expuestos a patógenos virales durante el cultivo (Lotz, 1997).

2.2 REQUERIMIENTOS FISICOQUÍMICOS DEL SISTEMA INTENSIVO DE CRÍANZA PARA ENGORDE DE LANGOSTINO (*L. vannamei*)

Según Tacon (2002), los sistemas intensivos para el engorde de langostino consideran un área de cultivo pequeño, entre 0.1 a 2 ha; la densidad de siembra oscila entre los 40 y 140 ind m⁻² con un sistema de aireación continua (24 horas), alimentación suplementaria y fertilización constante, registrándose una alta tasa de recambio de agua (20-100% diario). Para una alta productividad y eficiencia económica se consideran las altas densidades, fuerte circulación de agua, alimento artificial de calidad y equipos de aireación cuando sean requeridas por las condiciones del cultivo (Paquotte *et al.* 1998).

Otoshi *et al.*, (2003), mencionan que se han obtenido buenos resultados en el cultivo de *L. vannamei* manteniendo buenas condiciones en la calidad de agua, mérito otorgado a las altas tasas de recambio de agua. Los recambios son un buen control de prevención contra el deterioro de la calidad de agua por adición de alimentos con alto nivel de proteína (Burford *et al.* 2003).

Los principales parámetros de calidad de agua considerados por Boyd (2001) para mantener una adecuada sobrevivencia y crecimiento de *L. vannamei* son temperatura, oxígeno disuelto, nitrógeno (nitritos y nitratos), salinidad, compuestos metabólicos (amonio), alcalinidad, pH y sustancias o partículas disueltas. Estos parámetros tienen una gran influencia en el desarrollo óptimo de los organismos (Caipang y Aguana, 2011).

Los rangos óptimos de los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua en el cultivo de langostinos se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Rangos óptimos de algunos parámetros fisicoquímicos para el cultivo de *L. vannamei*

Parámetros	Rango óptimo
Temperatura	28 – 32 °C
Oxígeno	4.0 – 8.0 mg L ⁻¹
pH	7.5 – 8.5
Salinidad	15 – 30 UPS
Turbidez	35 – 45 NTU

Fuente: Mayer, 2012

2.2.1 Temperatura

La temperatura es el principal factor medioambiental determinante de la tasa metabólica en invertebrados marinos, con predominancia en organismos que se desarrollan en áreas estuarinas (Villareal *et al.*, 1994).

Según Boyd (2001), las diferentes especies de langostino desarrollan un óptimo crecimiento entre las temperaturas de 25 °C y 32 °C. La determinación de la temperatura de crecimiento del langostino patiblanco es aquella que predomina en su hábitat natural; los estudios reportados por Ponce-Palafox *et al.* (1997) dan razón a que el crecimiento y sobrevivencia resulta mayor a temperaturas que oscilan entre los 30 °C y 35 °C en comparación con una menor (20 °C). Hecho corroborado por Kumlu y Turkmen (2010), que rescata la sensibilidad del langostino patiblanco a bajas temperaturas (7.5 °C a 11 °C), mientras que para temperaturas superiores a los 34 °C no se han registrado problemas aparentes, salvo el comportamiento hiperactivo con alto consumo de alimento (Ponce-Palafox *et al.*, 1997).

2.2.2 Oxígeno disuelto

Rosas *et al.* (1998) indican que el oxígeno es un factor importante en el metabolismo de los langostinos y que es posible tener una reducción del 25% de la energía producida para la producción de biomasa cuando se encuentra disminuido el oxígeno disuelto en valores de 5.0 a 4.0 mg L⁻¹. Las variaciones en la concentración de oxígeno disuelto en agua afectan de forma directa a su conducta y fisiología normal (Fandrey, 1995; Wu, 2002; Herreid, 1980), reflejándose en la reducción de la tasa de crecimiento, en la

deficiencia en la conversión alimenticia y en un mayor grado de susceptibilidad a enfermedades que podrían llegar a la muerte (Wu, 2002; Silva y Regnault, 1980).

Según Martínez-Cordova *et al.* (1997) los métodos tradicionales basados en el uso de la aireación mejoran la calidad del agua, incrementan el desempeño productivo y reducen las tasas de recambio de agua, de tal manera se ha vinculado el uso de 12 o 24 horas de aireación en comparación con 0 a 6 horas.

Seidman y Lawrence (1985), indican que el nivel crítico de concentración de oxígeno para post larvas es 1.91 mg L^{-1} y el rango óptimo se encuentra entre 4.0 y 7.0 mg L^{-1} ; mayores concentraciones son denominadas sobresaturadas y pueden ocasionar trastornos y muerte (Martínez, 1999). Según Boyd y Hanson (2010), una comparación entre valores mínimos promedio entre 2.32 mg L^{-1} y 3.89 mg L^{-1} , logran un incremento del 50% en producción, 20% en sobrevivencia y mejoran el factor de conversión alimenticia de 2.64 a 1.96.

En ambientes de cultivo intensivo en invernaderos se estima un valor promedio de OD de $6.8 \pm 0.3 \text{ mg L}^{-1}$ a condiciones de cultivo de $T \text{ } ^\circ\text{C} = 29 \pm 2 \text{ } ^\circ\text{C}$, $\text{pH} = 8 \pm 0.5$ y salinidad = $25 \pm 5 \text{ UPS}$ (Mirzaei *et al.* 2020).

2.2.3 Salinidad

Para los langostinos la salinidad óptima depende de sus requerimientos de presión osmótica (Boyd y Pillai, 1984); *L. vannamei* demuestra un patrón exitoso de desarrollo entre salinidad de 3 UPS y 50 UPS (Erchao *et al.* 2007). Pese a la adaptación fisiológica de las especies eurihalinas, la disminución de la salinidad produce un aumento de la excreción de amonio (Jiang *et al.* 2000) y una mayor producción de CO_2 , por el aumento de la respiración, (Erchao *et al.* 2007), generando un gasto de energía innecesario del sistema osmorregulatorio (Cheny Nan, 1994).

La salinidad igual o superior a 50 UPS puede reducir significativamente el crecimiento (Pérez *et al.*, 2007), de igual forma, Rosas *et al.* (2001) reportaron que a una concentración de 40 UPS en comparación con 16 UPS, el crecimiento disminuye; sin embargo, la tolerancia de amonio incrementa cuando la salinidad es más alta que baja (Lin y Chen, 2001). Siguiendo este comportamiento, la concentración de 36 UPS ha reportado mayores tasas de crecimiento, menor factor de conversión alimenticia (FCA) y alta tasa de sobrevivencia en comparación con 9 y 18 UPS (Decamp *et al.* 2003). Por otra parte, Díaz *et al.* (2001), encontraron que para *L.*

vannamei el nivel de amonio excretado se reduce cuando la salinidad alcanza un punto óptimo entre 25 y 27 UPS; valores cercanos al punto isoosmótico que contribuyen con la reducción de la demanda metabólica y el incremento del crecimiento de los langostinos (Le *et al.* 2009). Finalmente, un análisis de los numerosos estudios presenta que la concentración óptima de la salinidad se encuentra entre 17 y 20 UPS (Bray *et al.* 1994; Erchao *et al.* 2007), dando cabida a que los valores fuera de este rango pueden afectar de manera adversa al crecimiento.

2.2.4 Potencial hidrógeno (pH)

El potencial hidrógeno se comporta usualmente de manera reducida durante las mañanas debido a la actividad y comportamiento nocturno del langostino patiblanco que genera CO₂ en el medio, el manejo de esta sustancia se controla a pH superiores a 8.3 (Boyd *et al.* 2011); por otra parte, los niveles de pH menores a 4.5 no permiten las formaciones de silicato de calcio, feldespato y roca caliza (Boyd, 2000). Tanto la acidez como la alcalinidad intervienen en el proceso de amortiguación, por lo que la medición del pH es importante por su participación en el metabolismo del langostino patiblanco. En la Tabla 3 se señalan algunos comportamientos en base al contenido de pH en el medio.

Tabla 3: Influencia del pH en *L. vannamei*

Efecto	pH
Punto de acidez letal	4
No reproducción	4 – 5
Crecimiento lento	4 – 6
Mejor crecimiento	6 – 9
Crecimiento lento	9 – 11
Punto de alcalinidad letal	11

Fuente: Boyd, 2001

2.2.5 Amonio, nitritos y nitratos

El amonio se presenta como la mayor fuente de nitrógeno, esto a través de la excreción mediante las branquias del langostino patiblanco; la acumulación de este compuesto nitrogenado aporta al deterioro de la calidad del agua y aumenta la toxicidad de la biota (Frías y Páez, 2001).

El amonio se encuentra ligado a otros compuestos nitrogenados y mediante las bacterias *Nitrosomonas spp.* y *Nitrobacter spp.* se realiza la oxidación biológica que da paso a la obtención de nitritos. Cuando se incrementa el pH sucede lo mismo con el amoniaco no ionizado. El amonio no ionizado (N-NH_3) se encuentra en menos del 1% a razón de $\text{pH} = 7$ y $28\text{ }^\circ\text{C}$, mientras que a $\text{pH} = 9$ y $28\text{ }^\circ\text{C}$ aumenta hasta en casi el 40%. Un incremento de la temperatura ocasiona una mayor proporción de N-NH_3 , aunque con un efecto menor que el pH (Boyd y Clay, 2002). Una concentración de nitrógeno amoniacal total (NAT) por encima de 3 o 4 mg L^{-1} con un pH elevado (>8.5 o 9) puede ser considerado muy tóxico en organismos acuáticos tropicales (Boyd y Clay, 2002). Sampaio *et al.* (2002) agregan que la toxicidad de NAT en animales acuáticos se consigue con un aumento en la salinidad, debido a que se obtiene una mayor proporción de amoniaco no ionizado. Kir y Kumlu (2006) registraron información de salinidad en *Penaeus semisulcatus*, obteniendo que a 15 UPS se presenta un DL_{50} de 14.81 mg L^{-1} y que a 40 UPS este incrementa hasta 66.65 mg L^{-1} .

El nitrógeno lixiviado de las heces (equivalente al 26% del total) en forma de urea se encuentra biodisponible para la comunidad microbiana del medio. Mientras que el nitrógeno lixiviado del alimento no consumido tiende a acumularse en el medio (Burford *et al.* 2003; Molina y Villarreal, 2008). Burford *et al.* (2003) determinaron que este nitrógeno orgánico disponible de la excreción y del alimento se encuentra disponible para ser compartido por las bacterias autótrofas y heterótrofas.

Los nitritos y nitratos son productos obtenidos a través del ciclo natural del nitrógeno y su abundancia se ve afectada por el pH, la concentración de oxígeno y los organismos nitrificantes consumidores de nitrógeno (Avnimelech, 2012). Valores menores a 1 mg L^{-1} están libres de toxicidad (Clifford, 1994), mientras que para Hirono (1983) los valores tóxicos se encuentran pasados los 3.0 mg L^{-1} .

Las mayores atribuciones de toxicidad en un medio acuático han sido asignadas al amonio no ionizado (NH_3) (Frías y Páez, 2001). Asimismo, la acumulación de amonio (NH_4) y nitritos en exceso intoxica el medio de cultivo, causando la muerte de los langostinos, siendo los valores normales aquellos entre los 0.5 y 1.0 mg L^{-1} para el NH_4^+ y 1.5 y 4 mg L^{-1} NO_2^- (Chen *et al.* 1990; Chen *et al.* 2019). Una de las vías de control es mediante la conversión heterotrófica bacteriana de amonio directo a biomasa microbiana (Ebeling *et al.* 2006).

En grandes concentraciones, los nitritos causan toxicidad en los estanques, disminuyendo el apetito de los langostinos, lo que conlleva a la mortalidad de la población (Chen *et al.* 1990). La acumulación de compuestos nitrogenados puede causar efectos negativos si la densidad de siembra es abundante y no se tienen los suficientes recambios de agua (Krummenauer, 2011).

2.2.6 Fosfatos

La concentración de minerales relacionados al fósforo en el medio de cultivo afecta la digestibilidad en organismos acuáticos debido a cambios en los factores ambientales (Lee y Lawrence, 1997). Siccardi III *et al.* (2006), indican el nivel de contaminación de los alimentos en exposición al medio por contenido elevado de fosfatos (ortofosfatos y fósforo). Hirono (1983) y Clifford (1994) han determinado que los valores óptimos de ortofosfato en agua deben estar en el rango de 1.5 a 2.5 mg L⁻¹, mientras que Lee y Lawrence (1997) determinaron que el rango óptimo de presencia de fosfatos es de 0.1 a 0.3 mg L⁻¹.

2.2.7 Alcalinidad

La alcalinidad en el agua de mar se encuentra en un valor promedio de 120 mg L⁻¹ (Boyd, 2001), presentando un comportamiento particular sobre los niveles de pH y la concentración de nitritos. Los valores alcalinos se encuentran fuertemente influenciados por la dinámica del carbono y se intensifica si se presenta actividad fotosintética (Boyd y Daniels, 1994).

Valores superiores a 100 mg L⁻¹ de CaCO₃ favorecen al crecimiento del langostino (Boyd y Daniels, 1994) y según Solano (2003) ayuda a la formación del exoesqueleto. Así mismo, los valores óptimos propuestos por Limsuwan (2009) no deben ser menores a 80 mg L⁻¹, mientras que Ching (2007) propone valores entre 200 y 300 mg L⁻¹ cuando se presenta un pH mayor a 8.5, de modo que no evite el proceso de muda por pérdida de sales. En sistemas extensivos Hari *et al.* (2004) mencionan que la alcalinidad óptima es de 51 mg L⁻¹; Yusoff *et al.* (2002) por su parte, aportan un valor de 102.5 mg L⁻¹ para sistemas intensivos; mientras que Vinatea *et al.* (2010) y Ray *et al.* (2011) para sistemas super intensivos reportan valores promedio de 108.7 y 294.3 mg L⁻¹, respectivamente.

2.2.8 Iones

Uno de los factores importantes en los procesos metabólicos del langostino y de otras especies de cultivo en general es la composición iónica del agua (Spotte, 1970). McGraw y Scarpa (2002) mencionan que las bajas concentraciones de los iones K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} en adición a una condición de baja salinidad causan un efecto negativo en el crecimiento de *L. vannamei*. Para el caso del calcio, en términos de dureza, este debe estar situado entre 80 y 200 $mg L^{-1}$ de $CaCO_3$ (Ching, 2007).

El magnesio es uno de los iones que conforma la parte estructural de los crustáceos (exoesqueleto y la síntesis de mucopolisacáridos) y tiene respuesta como componente enzimático y regenerativo celular, además de su participación en el metabolismo y ciclo de reproducción (Spotte, 1970).

El potasio es importante por su vínculo con casi todos los fluidos y tejidos blandos del organismo debido a su participación en la regulación de la presión osmótica intracelular. Principalmente requerido en la síntesis de proteínas y glucógeno, así como en la estimulación ante una respuesta muscular. Los valores disminuidos de K^+ en el medio podrían causar efectos en la capacidad de osmorregulación de las células de *L. Vannamei* (Roy *et al.* 2007).

Lemos *et al.* (2021) señalan que el desempeño de los iones en aguas salobres para *L. vannamei* se encuentra sujeto a la concentración de P^{-3} y K^+ y su absorción en el alimento, más que a los niveles dietarios de Ca^{+2} y Mg^{+2} ; ya que el calcio puede ser absorbido directamente del medio (Deshimaru *et al.* 1978). La concentración excesiva de P y Ca en la interacción de una dieta alimenticia y el medio puede causar potenciales problemas que afecten al costo de producción y a la biodisponibilidad de otros nutrientes (Davis y Lawrence, 1993). Por otro lado, la concentración de Ca^{+2} en el medio es importante para la formación del caparazón de los crustáceos en aguas salobres, así como el Mg es un mineral esencial para el desarrollo del organismo y su metabolismo (Venkateswarlu *et al.* 2019). Según Boyd y Clay (2002) se deben manejar concentraciones específicas para los principales cationes: Mg, K, Ca y Na; Venkateswarlu *et al.* (2019) proponen $>150 mg L^{-1} Ca^{+2}$ y $>450 mg L^{-1} K^+$ en el medio (27 °C de temperatura, 25 UPS de salinidad y 7.7 de pH).

2.2.9 Cloruros

El Cl⁻ se encuentra presente en los sistemas de crianza bajo la forma de hipoclorito de sodio y su participación está ligada en términos de desinfección previa de la instalación y flujo entrante de agua del cultivo. Como se trata de un medio de bioseguridad su eliminación debese realizada para evitar la presencia tóxica de cloro residual (FAO, 2004).

2.3 NUTRICIÓN DURANTE LA ETAPA DE ENGORDE

La nutrición considera la aceleración del crecimiento reflejado en aumento de talla y peso corporal, tras la incorporación de cualquier elemento, sin una variación considerable, en pequeñas cantidades dentro de una dieta; la efectividad del nutriente consiste en lograr una correcta absorción después de la digestión para ejercer su función metabólica (Carrillo *et al.* 2000).

La nutrición de *L. vannamei* se encuentra supeditada al requerimiento de la etapa o fase del ciclo de vida de la especie, es así como la formulación alimenticia es altamente específica. La fuente de nutrientes se basa en la composición de proteínas con aminoácidos esenciales, carbohidratos como fuente de energía y administración de procesos metabólicos y la composición de los lípidos con ácidos grasos esenciales, así también vitaminas y minerales (Boyd *et al.* 2001).

2.3.1 Tipo de alimento

Las dietas son formuladas con diferentes variaciones en su composición, los ingredientes pueden ser de origen animal o vegetal; los de origen animal son preferentemente usados para satisfacer a las especies carnívoras, pero tienen un costo elevado y no se encuentran tan disponibles en comparación con los de origen vegetal (Chamberlain, 1995).

Dentro del análisis alimenticio, independientemente de su origen, se encuentra la consideración de la digestibilidad aparente de los ingredientes y de las propias dietas (Campaña *et al.*, 2005 y 2008); el valor nutricional de los nutrientes puede ser evaluado después de ser digeridos y absorbidos en el tracto gastrointestinal del organismo, de esta forma se podría conocer su correcto uso en la formulación (Kopru y Ozdemir, 2005; Abimorad *et al.* 2008).

La funcionalidad de una dieta balanceada considera el contenido nutricional y además las características físicas del alimento (color, forma, textura, talla, densidad e hidroestabilidad)(Tacon, 1996). Según Glencross *et al.* (1999), una dieta experimental se encuentra formulada con ingredientes definidos en cuanto a su composición química, es así que en base a los requerimientos de una experimentación es posible manipular un ingrediente específico, sin que se vea afectada la disponibilidad de los nutrientes no objetivos.

Los alimentos comerciales comprenden una formulación, proceso y tamaños de partícula que aseguran la nutrición de manera adecuada durante la etapa de crecimiento y engorde; estos cuentan con todo lo necesario para el buen desarrollo (niveles de proteína de 38 – 40% en inicio y 35% en engorde), además de la adición y buen manejo de niveles de atractabilidad y palatabilidad (Aquatech, s.f.).

2.3.2 Ración alimenticia

La tasa de alimentación cumple un rol específico y simple, según Fox y Treece (2010), un langostino en estadio juvenil consumirá más alimento por unidad de peso corporal que otro que sea más grande, es decir que el crecimiento es más rápido en aquel en comparación con un adulto.

Según Calle (2015), la determinación de una ración diaria se aplica a la subjetividad de la operación y debe ser realizada por personal experimentado debido a los costos que implica. El alimento debe usarse de manera conservadora y bien administrado, de manera que no afecte el fondo del estanque y no incremente la demanda bioquímica de oxígeno (Fox y Treece, 2010).

Es necesario también considerar la posible exposición de una sobrealimentación y una subalimentación, que ocasionaría una alteración del medio por acumulación de sulfuro de hidrógeno y un trastorno de estrés elevado por otro, respectivamente, así como otras afecciones secundarias. La subjetividad de la alimentación fue estudiada por Fox y Treece (2010) quienes postula una tasa de alimentación expresada en porcentaje del peso vivo para post larvas y juveniles en estanques de pre cría a densidades de 150 – 200 ind m⁻² (Tabla 4).

Tabla 4: Tasa de alimentación expresada en porcentaje del peso vivo para post larva y juveniles en estanques de pre cría a densidades de 150 – 200 ind m⁻²

Peso promedio del langostino	Tasa de alimentación / % peso vivo
0.15	19.0
0.20	17.8
0.25	16.3
0.30	15.0
0.35	13.7
0.40	12.3
0.45	10.9
0.50	9.9
0.55	9.2
0.60	8.6
0.65	8.2
0.70	7.8
0.75	7.5
0.80	7.3
0.85	7.1
0.90	6.9
0.95	6.7

Fuente: Fox y Treece, 2010

Según Treece (2000), nombrado en Stickney (2000), la tasa de alimentación está basada en el peso medio de la población y esta a su vez debe cumplir con tres factores: conversión alimenticia de hasta 2.5, 1% de mortalidad por semana de la población y biometrías con un intervalo máximo de 3 semanas.

2.3.3 Frecuencia de alimentación

La frecuencia de alimentación de *L. vannamei* se encuentra relacionada de forma directamente proporcional a la temperatura, básicamente en función de la actividad metabólica; en situaciones de mayor temperatura la necesidad de alimento se presentará con mayor frecuencia (Ching, 2007); razón por la que las langostineras adoptan tres raciones al día, aprovechando las horas con altas temperaturas. Por otro lado, Limsuwam (2009) manifiesta que la ración debe darse de acuerdo con las frecuencias de alimentación indicadas en la Tabla 5, en cuatro oportunidades, para obtener mejores resultados.

Tabla 5: Frecuencia de alimentación según horario sugerido para *L. vannamei*

Dosis	Horarios
Primera	7:30 – 8:00 horas
Segunda	12:00 – 12:30 horas
Tercera	17:00 horas
Cuarta	22:00 horas (30% de una ración)

Fuente: Limsuwam, 2009

Limsuwam (2009) recomienda no alimentar a las 06:00 horas debido a que los niveles de oxígeno disuelto en el agua son generalmente muy bajos, el horario recomendado está comprendido desde las 07:30 horas, pero si aún se tuviesen niveles bajos de OD entonces se deberá alimentar cuando este mejore. La ración nocturna del 30% se encuentra compensada por el consumo de productividad natural en el medio.

Chanratchakool *et al.* (1995) menciona algunos factores que afectan al consumo de alimento de *L. vannamei*: deterioro de la calidad del agua, condiciones de deterioro del fondo del estanque, ciclo de muda, enfermedades y temperatura fuera del rango normal (debajo de 25 °C o por encima de 33 °C).

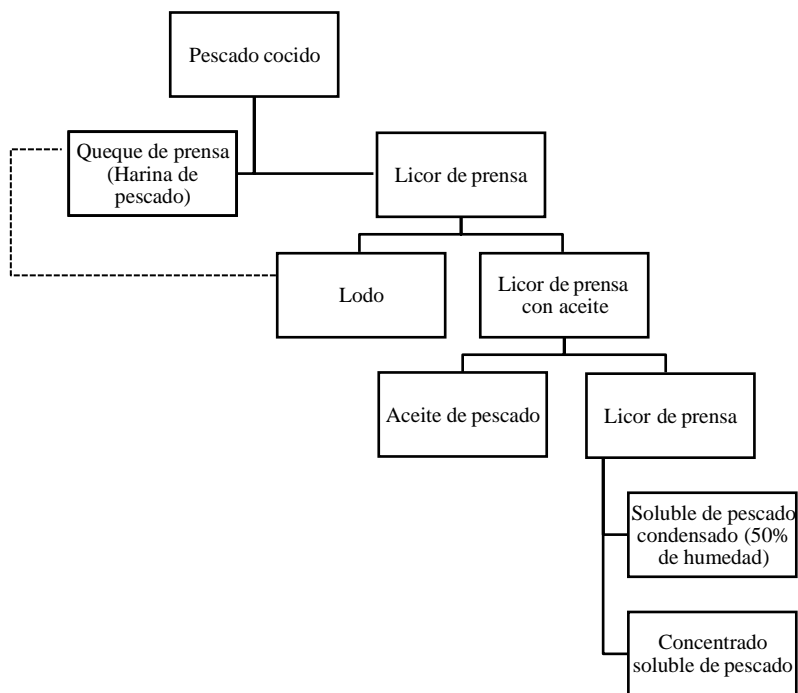


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de concentrado soluble de pescado en polvo.
Fuente: Hertrampf y Piedad-Pascual, 2000

2.4 CONCENTRADO SOLUBLE DE PESCADO (CSP)

Los concentrados solubles de pescado son aquellos que contienen un mínimo de 30% de proteína cruda y se denominan subproductos semisólidos (50% sólidos), obtenidos mediante la evaporación del agua de prensa producida durante el proceso de cocción en la fabricación de la harina de pescado (Ortiz, 2003). Los concentrados solubles de pescado (CSP) en base seca poseen los mismos compuestos que en su fase líquida, pero con un contenido de 60% de proteína aproximadamente (Ibarra, 2019).

El agua de cola es un elemento líquido tratado en las separadoras y evaporadores de una planta de harina de pescado, que junto con el licor de prensa conforma la fase líquida y posee de 15 a 20% de concentración de sólidos en su contenido (Farro, 1996). Luego de la evaporación de la fase líquida se obtiene una concentración final de hasta el 35% de sólidos (Pizardi, 1992), posteriormente este material es deshidratado por atomización sin alterar la composición química final, este producto higroscópico es conocido en la industria acuícola como CSP o concentrado soluble de pescado en polvo (Hertrampf y Piedad-Pascual, 2000), cuyo proceso de obtención completo se presenta en la Figura 2. Los concentrados solubles de pescado son considerados como pienso proteico adecuado para su uso en dietas de organismos acuáticos en cultivo (Li Meng *et al.* 2000).

Según Terrazas (2010), la composición proximal y el perfil de aminoácidos que presenta el CSP (Tablas 6 y 7) es alta en niveles de proteína cruda, extracto etéreo y energía bruta; sugiere que en función de estas cantidades los alimentos que tienen como ingrediente al CSP se encuentran mejor aprovechados por *L. vannamei* pues genera una alta digestibilidad aparente de materia seca (DAMS) y una alta digestibilidad aparente de proteína (DAP), 102% y 99.3% respectivamente.

Tabla 6: Composición proximal (g (100g)⁻¹ de materia seca ± desviación estándar) y contenido de energía bruta (Kcal g⁻¹) del concentrado proteico de solubles de pescado (CPSP o CSP)

Composición proximal	Nutrimento (%)
Materia seca	92.0 ± 0.10
Proteína cruda	79.4 ± 0.30
Extracto etéreo	3.2 ± 0.20
Fibra cruda	1.1 ± 0.03
Cenizas	11.4 ± 0.20
Extracto libre de nitrógeno	5.0
Energía bruta	4.8 ± 0.04
Razón P/E mg PC/Kcal	165.40

Fuente: Terrazas, 2010

Tabla 7: Perfil de aminoácidos esenciales (g (100g)⁻¹ de alimento ± desviación estándar) del concentrado proteico de solubles de pescado (CPSP o CSP)

Aminoácidos esenciales	Nutrimento (%)
Metionina	1.58 ± 0.10
Cistina (No esencial)	0.77
Histidina	1.44 ± 0.10
Treonina	3.08 ± 0.05
Arginina	7.35 ± 0.30
Valina	3.55 ± 0.03
Fenilalanina	2.91 ± 0.40
Isoleucina	3.66 ± 0.04
Leucina	5.69 ± 0.03
Lisina	5.34 ± 0.60

Fuente: Terrazas, 2010

III. METODOLOGÍA

3.1 LUGAR DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los módulos experimentales acondicionados por el Centro de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica Acuícola Privado de la Universidad Cayetano Heredia (CITE acuícola UPCH), en las instalaciones de la empresa Acuicultura Técnica Integrada del Perú S. A. (ATISA), ubicada en el kilómetro 2.2 de la carretera Puerto Pizarro, en la localidad de Tumbes.

El desarrollo experimental de la investigación tuvo una duración de 45 días calendario.

3.2 EQUIPOS Y MATERIALES

3.2.1 Equipos

- Blower (Sweetwater, modelo S53C), con potencia de 2.5 HP
- Motobomba (YAMAHA, modelo YP20C), con potencia de 2x5.5 HP
- Balanza digital de mesa (OHAUS, modelo Ranger 3000), 15 Kg de capacidad, 0.5 g de precisión
- Microscopio compuesto binocular (SWIFT, modelo SW350B) ampliación 40X-2500X
- Balanza digital de precisión (OHAUS, modelo Pioneer Px 4200), 0.01 g de precisión
- Oxímetro (HANNA, modelo HI9146), 0.01 ppm de precisión
- Refractómetro (HANNA, modelo HI96822), rango de 0-50 y 0-150 UPS
- Potenciómetro (HANNA, modelo HI98128), 0.01 de precisión
- Fotómetro (YSI, modelo 9500), +0.05% de precisión
- Cámara digital (SONY, modelo DSC-RX100M7)

3.2.2 Material biológico

El material biológico utilizado en el presente estudio estuvo conformado por la especie *L. vannamei*, en cantidad total de 1120 individuos, adquiridos de un mismo lote en su estadio de pre cría, entre PL 20 y PL 22, proporcionados por la empresa ATISA.

3.2.3 Material de laboratorio

- Placas Petri, Borosil
- Envases plásticos de 1 L de capacidad, marca REYPLAST
- Baldes plásticos de 18 L de capacidad, marca REYPLAST
- Regla de 30 cm
- Mangueras plásticas de ½ pulgada de diámetro, INDUPLAST
- Mangueras plásticas de 1 pulgada de diámetro, INDUPLAST
- Carcal de cocada de ¾ pulgada

3.2.4 Alimento formulado

La materia prima fuente de la investigación fue el soluble de pescado filtrado en polvo (>90%), otorgado por la Pesquera Diamante, después de ser sometido a un análisis proximal y aminograma por el laboratorio Bureau Veritas. El alimento balanceado fue formulado por el ingeniero Víctor Vergara Rubín, de la facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Su formulación consistió en la preparación de tres alimentos balanceados marca “La Molina”, con diferente concentración de solubles de pescado concentrado (CSP) en su contenido, incluyendo insumos adquiridos de empresas comercializadoras con certificación de calidad e inocuidad alimentaria (Anexo 1).

3.2.5 Reactivos químicos

- Peróxido de hidrógeno (Perhydrol®)
- Tiosulfato de sodio (anhidro Emplura®)
- Hipoclorito de sodio (Emplura®)
- EDTA (Calbiochem®)
- Pastillas reactivas (fotómetro YSI, modelo 9500)

3.3 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En la presente investigación se evaluaron tres dietas formuladas y se compararon con un control de alimento comercial marca “La Molina” (Tabla 8). La formulación consistió en la variación del porcentaje de inclusión de harina de pescado y el alimento balanceado fue administrado según requerimientos nutricionales por edad y manejo.

Tabla 8: Composición nutricional del alimento control

Ingredientes	Dieta control (%)
Subproductos de trigo	43.34
Harina de pescado	30.00
Harina de soya	17.00
Gluten de trigo	6.00
Aceite de pescado	1.00
Lecitina	1.00
Ligante	0.70
Premix de vitaminas*	0.76
Inhibidor de hongos	0.15
Antioxidante	0.04
Carbonato de calcio	0.01

*Premix – Vitamina A 14'000,000 U.I. Vitamina D3 2'800,000 U.I. Vitamina E 140,000 U.I. Vitamina K3 8.000 g. Tiamina (B1) 18.000 g. Riboflavina (B2) 20.000 g. Niacina 150.000 g. Ácido pantoténico 50.000 g. Piridoxina (B6) 15.000 g. Biotina 0.800 g. Ácido fólico 4.000 g. Ácido ascórbico 600.000 g. Vitamina B12 0.030 g. Manganeseo 40.000 g. Hierro 20.000 g. Zinc 20.000 g. Cobre 1.500 g. Iodo 1.500 g. Selenio 0.300 g. Cobalto 0.150 g. Antioxidante 120.000 g. Carbonato de calcio (excipiente) c.s.p. 3,000.000 g. En base a un total de 20 Kg. Cloruro de colina 600.000 g. En base a un total de 10 Kg. Se agregará 200 g del Premix más 100 g de Cloruro de colina.

El concentrado soluble de pescado filtrado en polvo (>90%) se obtuvo de la deshidratación de la pasta soluble de pescado de tres lotes de producción provista por Pesquera Diamante, tras los análisis de composición proximal y un aminograma y fue usado como insumo base de reemplazo de porcentaje de inclusión de harina de pescado (Anexos 2 y 3).

3.3.1 Grupo y unidad experimental

El grupo experimental estuvo comprendido por tres tratamientos y un control, de ahora en adelante llamadas formulaciones, con cuatro repeticiones cada uno: T₁ = formulación A, con 50% de reemplazo de harina de pescado, T₂ = formulación B, con 75% de reemplazo de harina de pescado, control = formulación C y T₄ = formulación D, con 25% de reemplazo de harina de pescado. La unidad experimental fue un tanque de 500 L de capacidad, con 400 L de capacidad efectiva; el experimento requirió un total de 16 tanques con las mismas características. La distribución fue a razón de 70 individuos por tanque de *L. vannamei* con peso individual de 0.5 ± 0.02 g y una biomasa de 0.35 ± 0.14 g.

3.3.2 Obtención de post larvas para el cultivo

Las post larvas (PL), estadio PL10 a PL12, fueron adquiridas del laboratorio Arrecife, Manta - Ecuador, en un total de 720 000 individuos Resistentes a Patógenos Específicos (SPR), previamente seleccionados luego de ser sometidos a pruebas de estrés mediante cambios de salinidad. Fueron transportados dentro de bolsas dobles con oxígeno y agua, a su vez empacado en una caja de cartón. Finalmente fueron trasladados desde el camión del laboratorio Arrecife hasta su recepción en la sala de pre cría en los tanques circulares *raceways* de ATISA.

3.3.3 Sala de pre cría

Las larvas fueron aclimatadas en el invernadero, en tanques de 80 m³, con control intensivo de cultivo del campo de la empresa camaronera ATISA S.A.C.; el manejo en esta zona de cultivo tuvo una duración de dos semanas y manejada por el personal de la empresa. Durante 10 días recibió alimento comercial de inicio marca Nicovita, hasta llegar a los 0.5 g de peso ind⁻¹. Posteriormente los individuos requeridos para la experimentación (1120 individuos) fueron transportados y distribuidos de manera aleatoria a cada tanque experimental de engorde.

3.3.4 Área experimental de engorde – acondicionamiento del invernadero

Los tanques experimentales fueron distribuidos en un área de 108 m², en un invernadero con techo semicircular y altura de 3 m. El invernadero presentó una cobertura de polietileno transparente con acceso a ventilación lateral. Los dieciséis (16) tanques de 500 L de volumen efectivo cada uno, tuvieron una distribución equidistante dentro del área del invernadero (Figura 3).

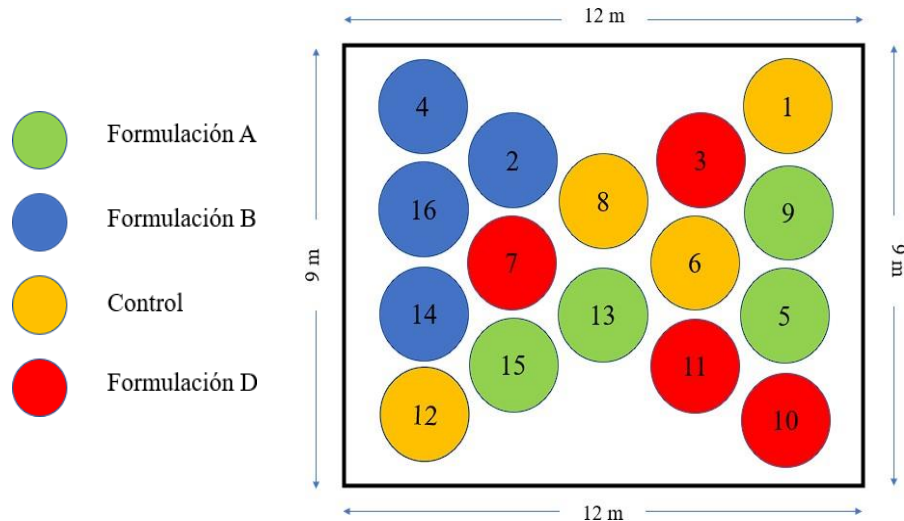


Figura 3. Distribución aleatorizada de los tanques de experimentación

El invernadero contaba con flujo cerrado a través de tuberías abastecidas con agua del estero Puerto Rico. Esta agua fue tratada con tiosulfato de sodio y EDTA y almacenada en dos reservorios con la superficie cubierta de geomembrana previamente desinfectada con hipoclorito de sodio y enjuagada para eliminar residuos de cloro, actividad realizada una vez por semana. Adicionalmente, poseía un sistema de recambio de agua mediante tuberías, instalado directamente en cada tanque y se extraía el agua desde los reservorios mediante una bomba sumergida; así mismo, estaba equipado con un sistema de aireación mediante un *blower* con potencia de 2.5 HP que abasteció de aire a las manguerillas, válvulas y piedras difusoras, para cada uno de los tanques.

Los recambios de agua se realizaron por sifón, con ayuda de una manguera de ½” de diámetro y expulsada hacia un balde con una malla mosquitera que facilitó el control de la cantidad de alimento no consumido, mortandad y materia fecal propia de los individuos.

3.3.5 Siembra de juveniles para engorde y manejo experimental

Los individuos de *L. vannamei* fueron extraídos de los tanques de pre cría en las salas *raceways* y traspasados hacia los tanques de protocolo experimental, previamente llenados con agua del mismo reservorio, manteniendo una variación de temperatura no mayor a ± 0.5 °C. La densidad de siembra fue de 140 ind m⁻³, con una población total de 1120 individuos.

El recambio de agua se realizó a las 11:00 horas de la mañana con ayuda de un sifón de ½” de diámetro y el agua fue repuesta por agua tratada del reservorio. Se realizó el registro de parámetros fisicoquímicos del agua: temperatura, oxígeno disuelto, pH, salinidad, concentración de minerales (K⁺, Cl⁻, Ca⁺²), nitratos y nitritos, fosfatos.

3.3.6 Alimentación

El alimento balanceado se separó en tres tratamientos con diferentes concentraciones de CSP en su formulación y un grupo control: formulación D = 25% de CSP y 75% de harina de pescado, formulación A = 50% de CSP y 50% de harina de pescado, formulación B = 75% de CSP y 25% de harina de pescado y un Control con 100% de harina de pescado. Basados en el método doble ciego, inicialmente no se tuvo conocimiento de la composición de cada uno de los tratamientos.

Se suministró alimento formulado de tipo 1.2 mm, 1.7 mm y 2.0 mm (según el peso promedio). La alimentación tuvo una frecuencia de cuatro veces al día, con horarios de: 8:00, 12:00, 18:00 y 00:00 horas, durante las primeras tres semanas; comenzada la cuarta semana se cambió la frecuencia alimenticia a tres (8:00, 14:00 y 20:00 horas). Las dietas fueron seleccionadas de manera aleatoria entre los diferentes tanques, quedando distribuidas de la siguiente manera: A – tanques n° 5, 9, 13 y 15; B – tanques n° 2, 4, 14, 16; C – tanques n° 1, 6, 8 y 12; D – 3, 7, 10 y 11. En la Tabla 9 se indica la tasa de alimentación.

Tabla 9: Tabla de alimentación

Días de cultivo experimental	Tasa de alimentación (%)
1 a 9	10 a 8
10 a 25	8 a 6
26 a 35	6 a 5
36 a 45	5

a. Factor de conversión alimenticia (FCA)

El factor de conversión alimenticia fue calculado semanalmente aplicando la formulación propuesta por Huet (1978):

$$FCA = Q / \Delta B$$

Donde:

FCA = factor de conversión alimenticia

Q = cantidad de alimento consumido (g)

ΔB = incremento de la biomasa (g)

b. Peso corporal promedio (PC)

El peso promedio fue calculado semanalmente a todos los individuos de cada grupo experimental durante todo el estudio, aplicando la formulación propuesta por Effendi (2002):

$$PC = B / Población$$

Donde:

PC = peso corporal promedio (kg)

B = biomasa (kg)

c. Biomasa (B)

La biomasa fue establecida semanalmente hasta el final del cultivo. Se determinó mediante la ecuación de Ricker (1975):

Donde:

$$B = Población \times Peso \text{ promedio del individuo}$$

B = biomasa (kg)

d. Tasa de crecimiento absoluto y relativo (TCA y TCR)

La tasa de crecimiento absoluto y relativo, fueron determinadas al final del experimento mediante la ecuación de Wootton (1991):

$$TCA = (Y_2 - Y_1)/(t_2 - t_1)$$

$$TCR = (Y_2 - Y_1)/(t_2 - t_1) \times 100$$

Donde:

TCA = tasa de crecimiento absoluto

TCR = tasa de crecimiento relativo

Y₁ = peso al inicio (g)

Y₂ = peso al final (g)

t₁ = tiempo al inicio (días)

t₂ = tiempo al final (días)

e. Sobrevivencia final (S)

La sobrevivencia se obtuvo mediante observación directa y conteo de ejemplares muertos en cada tanque. El registro se realizó semanalmente hasta el final del cultivo. Se usó la formulación de determinación de sobrevivencia según Saldarriaga (1995):

$$S = (N_1 - M) * 100 / N_1$$

Donde:

S = sobrevivencia semanal o total (%)

N₁ = población inicial de una unidad experimental

M = cantidad de individuos muertos a la semana o al final

3.3.7 Control y manejo de las características fisicoquímicas del agua

Se realizó un control diario, durante los 45 días de experimentación, con frecuencia de 12 veces al día (cada 2 horas) de la temperatura y oxígeno disuelto mediante el uso de un oxímetro de marca YSI. Se sumergió la membrana a tres profundidades, a nivel superficial, intermedio y fondo, registrando el promedio. La razón de la intensidad de control en este aspecto fue para contrarrestar las posibles pérdidas de energía eléctrica que son frecuentes en la temporada de lluvias en Tumbes. El pH se determinó con una frecuencia de 3 veces al

día (cada 4 horas), mediante el uso de un potenciómetro de marca HANNA y la salinidad semidió dos veces al día (cada 12 horas), con ayuda de un refractómetro digital de marca HANNA. Se usó un fotómetro digital de lectura directa YSI para realizar una medición semanal de los siguientes parámetros: nitrito/nitrato, amonio total, fosfato, alcalinidad, potasio, dureza cálcica, magnesio y cloro.

Se retiraron los desechos orgánicos, mediante sifón, una vez al día a las 10:00 horas y se recuperó todo el alimento no consumido en el intervalo de tiempo transcurrido desde su alimentación a las 08:00 horas.

Se realizaron recambios diarios de agua equivalentes al 15%, una vez al día a las 11:00 horas, posterior al recojo de desechos.

a. Nitrito

La prueba de Nitricol® consiste en un método simple de medición de niveles de nitrógeno en forma de nitrito sobre rangos de 0 – 0.5 mg L⁻¹ N (0 – 1.6 mg L⁻¹ NO₂). Los nitritos reaccionan en solución ácida con el ácido sulfanílico. Los diazocompuestos que resultan son acoplados con la diamina del N-(1-naphtyl)-etileno para formar un tinte rojizo. La intensidad de color es proporcional a la concentración del nitrito y se mide usando un fotómetro.

El procedimiento considerado en el fotómetro YSI 9500 consistió en los siguientes pasos:

- (1) llenar el tubo de prueba (20 ml),
- (2) agregar una tableta de Nitricol®, machacar y mezclar para disolver,
- (3) esperar por 10 minutos para que se exprese el color por completo,
- (4) seleccionar la longitud de onda a 520 nm en el fotómetro,
- (5) tomar la lectura del fotómetro y
- (6) consultar la carta de calibración de Nitricol® (Tabla 10).

Para convertir de mg L⁻¹ N a mg L⁻¹ NO₂ se multiplicó el resultado por 3.3.

Tabla 10: Carta de calibración de Nitricol®

% T	Nitricol			Nitrito mg L ⁻¹ N				520 nm		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
80	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
70	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
60	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08
50	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.11
40	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14
30	0.14	0.15	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18
20	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25
10	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31	0.33	0.34	0.35
0	0.37	0.39	0.41	0.43	0.46	0.50				

Fuente: APHA, 2012

b. Nitrato

La prueba de Nitratest® consiste en un método de reducción hasta nitrato y es llevado a cabo utilizando el polvo Nitratest® a base de zinc y la tableta Nitratest®; el nitrato resultante es determinado mediante una reacción con ácido sulfanílico en presencia de N-(1-naftil)-etilendiamina (el uso de una tableta de Nitricol®) hasta formar una coloración rojiza, la intensidad de coloración producida es proporcional a la concentración de nitrato y se mide usando un fotómetro.

El procedimiento considerado en el fotómetro YSI 9500 consistió en los siguientes pasos:

(1) llenar el tubo de prueba (20 ml), (2) agregar una cucharada llana de polvo Nitratest® y una tableta de Nitratest® (sin machacar), (3) dejar reposar por un minuto, luego invertir suavemente tres o cuatro veces para ayudar a la floculación, dejar reposar dos minutos o más, (4) decantar la solución en un tubo de ensayo (10 ml), (5) adicionar una tableta de Nitricol®, machacar y mezclar, (6) dejar reposar por 10 minutos, (7) seleccionar Phot 23 para obtener resultados en mg L⁻¹ N o Phot 63 para resultados en mg.L⁻¹ NO₃.

c. Amonio total

La prueba de amoníaco se basa en un método de indofenol y proporciona un valor de nitrógeno amoniacal sobre el rango de 0 – 1.0 mg L⁻¹ N. En presencia de cloro, el amoníaco reacciona con el salicilato alcalino para formar un complejo indofenol de coloración azul-verdosa. Los catalizadores incorporados aseguran un desarrollo

rápido y completo. Los reactivos se proporcionan en dos tabletas diferentes. Para pruebas con agua de mar o con muestras de agua salobre se requiere el reactivo de acondicionamiento para prevenir la precipitación de sales.

El procedimiento considerado en el fotómetro YSI 9500 consistió en los siguientes pasos:

(1) llenar el tubo de prueba (10ml), (2) agregar una cucharada llana del reactivo de acondicionamiento (3) adicionar una tableta de amoníaco n° 1 y una tableta de amoníaco n° 2, machacados previamente y mezclar hasta disolver, (4) esperar 10 minutos para permitir el completo desarrollo del color, (5) seleccionar la longitud de onda de 640 nm en el fotómetro, (6) tomar la lectura del fotómetro y (7) consultar la carta de calibración del amoníaco (Tabla 11).

Para convertir N a NH_4 se multiplicó el valor obtenido por 1.3. Para convertir N a NH_3 se multiplicó el valor obtenido por 1.2.

Tabla 11: Carta de calibración de amoníaco

% T	Amoniaco			Amoníaco mg L ⁻¹ N				640 nm		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
80						0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
70	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
60	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13
50	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21
40	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.31
30	0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.38	0.39	0.41	0.42	0.44
20	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61
10	0.63	0.66	0.68	0.71	0.74	0.77	0.8	0.83	0.87	0.91
0	0.96	1.00								

Fuente: APHA, 2012

d. Fosfato

La prueba de compuestos fosforados se basa en el método LR de fosfato YSI, la reacción se da en condiciones de ácido fosfo-molibdic. El compuesto es reducido con el ácido ascórbico brindando como resultado el complejo “molibdeno azul”. Finalmente se adiciona un catalizador y un inhibidor, el primero garantiza el desarrollo rápido y completo del color mientras que el último evita la interferencia de sílice. Los reactivos son proporcionados en forma de dos tabletas (Phosphate LR n° 1 y 2) y la prueba se realiza con la adición de cada tableta a una muestra de agua (10 mL). El procedimiento considerado en el fotómetro YSI 9500 consistió en los

siguientes pasos: (1) llenar el tubo de prueba (10 ml), (2) adicionar una tableta de Phosphate LR nº 1 y una tableta de Phosphate LR nº 2, machacados previamente y mezclar hasta disolver, (3) esperar 10 minutos para permitir el completo desarrollo del color, (4) seleccionar la longitud de onda de 640 nm en el fotómetro, (5) seleccionar Phot 28 para obtener resultados en $\text{mg L}^{-1} \text{PO}_4$ o Phot 70 para resultados en $\text{mg L}^{-1} \text{P}$.

3.3.8 Controles biométricos

Cada control biométrico comprendió la extracción de una cantidad equivalente al 30% de individuos totales por tanque mediante el uso de una atarraya de diámetro corto, de manera semanal; el control y registro de pesos se realizó con una balanza digital OHAUS, con 0.01 g de precisión y tras su crecimiento se usó una balanza digital de mesa OHAUS, con 0.5 g de precisión. Los individuos que se sometieron al muestreo se mantuvieron en un envase de 20 L de capacidad con un ingreso de flujo de oxígeno 2 l min^{-1} .

Se realizó una inspección visual del tracto digestivo medio (hepatopáncreas) mediante un microscopio electrónico SWIFT, para corroborar actividad enzimática en el metabolismo de lípidos, como señal de consumo de alimento. Se inspeccionó la coloración superficial de los individuos para descartar infecciones, finalmente se registró la mortalidad y el alimento diarios no consumido mediante el uso del sifón. La recuperación del alimento no consumido fue pesada en la balanza digital OHAUS, con 0.01 g de precisión, en base seca, luego de ser expuesta al sol durante 10 min.

3.3.9 Diseño experimental

Los análisis estadísticos se realizaron en un sistema Windows mediante el uso de los programas estadísticos *Statgraphics Centurion XVIII* y R versión 4.0.5.

La optimización del análisis consistió en el uso de un diseño completamente al azar - DCA de precisión uniforme con ajuste de los datos a un modelo de segundo orden, uniformidad en cuanto a distancia y rotación con relación al centro del diseño, en vista que la población en estudio proviene del mismo lote reproductor y de la distribución aleatoria de las unidades experimentales. Las tres variables independientes (x_1 , x_2 , x_3 , control) fueron analizadas en función al aumento de la cantidad de CSP: 25% de adición del soluble de pescado y 75% de harina de pescado

(x_1), 50% de soluble de pescado y 50% de harina de pescado (x_2), 75% de adición del soluble de pescado y 25% de harina de pescado (x_3) y se estudió el efecto de la dieta sobre el crecimiento en términos de peso. Se utilizó la prueba paramétrica de Kolmogórov-Smirnov para determinar si la prueba siguió una distribución normal, posteriormente se realizó una prueba de Fisher para comparar cada formulación y control por separado para determinar la homocedasticidad, luego se estimó el parámetro estadístico t-Student para comparaciones entre cada una de las formulaciones y control, finalmente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias con un nivel de significancia de 0.05.

3.3.10 Modelo experimental

El modelo experimental de investigación se centra en la condición de un procedimiento específico para guardar el conocimiento de un tratamiento previo, durante el proceso y finalmente asignado, denominado Cegamiento al nivel doble o doble ciego.

La selección de los niveles de optimización nutricional estuvo basada en pruebas preliminares de su formulador y de la planta productora comercial de langostino patiblancos ATISA S.A.C. para el estudio de la calidad alimenticia (temperaturas en cada proceso, cantidad de proteína, concentraciones finales); mientras que la implantación, administración de la intervención alimenticia y evaluación de resultados corresponde al método de doble ciego, cuya propuesta de asignación de formulaciones permaneció desconocida tanto para el investigador como para los patrocinadores hasta que se culminó con el objetivo de la investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FASE DE ENGORDE

Los resultados generales obtenidos durante la investigación de los valores promedio por intervalos de las principales horas de control de parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12: Parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua

Parámetros	Hora	Formulaciones			
		A	B	Control	D
Temperatura (°C)	06:00	29.32 ± 0.57	29.16 ± 0.58	29.22 ± 0.59	29.30 ± 0.55
	12:00	30.88 ± 0.92	30.72 ± 0.93	30.88 ± 0.90	30.79 ± 0.83
	20:00	31.88 ± 0.78	31.73 ± 0.87	31.82 ± 0.84	31.78 ± 0.75
Oxígeno Disuelto (mg L-1)	06:00	6.06 ± 0.87	5.92 ± 0.93	6.26 ± 0.70	5.92 ± 0.90
	12:00	6.38 ± 0.90	5.86 ± 1.06	6.40 ± 0.75	6.02 ± 0.97
	20:00	5.46 ± 1.02	5.27 ± 1.04	5.75 ± 0.80	5.42 ± 1.00
pH	General	7.60 ± 0.19	7.60 ± 0.16	7.67 ± 0.17	7.60 ± 0.16
Salinidad (UPS)	General	31.78 ± 3.28	31.88 ± 3.28	31.71 ± 3.43	31.74 ± 3.14

Los parámetros no demuestran diferencias significativas entre sus valores, estos se mantuvieron lo más cercano posible a la igualdad entre sí, de modo que ninguno de estos afectó directamente al experimento.

En la Tabla 13, se indican los resultados generales de: factor de conversión alimenticia (FCA), biomasa final, tasa de crecimiento absoluto y relativo, sobrevivencia, obtenidos por comparación estadística mediante el uso de DCA y ANOVA.

Tabla 13: Parámetros productivos finales

Parámetros	Formulaciones			
	A	B	Control	D
Peso inicial (g)	0.5 ± 0.02	0.5 ± 0.02	0.5 ± 0.02	0.5 ± 0.02
Peso final (g)	9.22 ± 1.04	11.38 ± 0.52	8.99 ± 1.07	9.36 ± 0.67
Ganancia de peso (g)	9.17 ± 1.02	11.33 ± 0.50	8.94 ± 1.05	9.31 ± 0.65
Alimento consumido(g)	4,055.97	4,752.82	3,561.55	4,047.63
Biomasa final (Kg)	0.62 ± 0.07	0.77 ± 0.04	0.61 ± 0.07	0.61 ± 0.04
Factor de conversión alimenticia (FCA)	1.41 ± 0.75	1.71 ± 0.87	1.41 ± 0.73	1.41 ± 0.66
Talla inicial (cm)	3.42 ± 0.05	3.42 ± 0.05	3.42 ± 0.05	3.42 ± 0.05
Talla final (cm)	11.21 ± 0.27	11.47 ± 0.29	11.04 ± 0.45	11.28 ± 0.11
Tasa de crecimiento absoluto (g día ⁻¹)	0.20 ± 0.02	0.25 ± 0.01	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.01
Tasa de crecimiento relativo (%)	20.38 ± 2.27	25.178 ± 1.12	19.87 ± 2.33	20.69 ± 1.44
Sobrevivencia (%)	95.71	96.07	96.79	92.5

4.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

4.2.1 Factor de conversión alimenticia (FCA)

Se realizó una prueba de comparación de medias para la interacción del FCA a lo largo del tiempo por el método LSD de Fisher; sin embargo, la interrelación del comportamiento en ambos métodos fue similar. Según la prueba (Tabla 14), en la mitad superior, se observa que la formulación B es estadísticamente diferente a las otras 3. Por otra parte, en la mitad inferior, el asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza.

Tabla 14: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para FCA

	Recuento	Media	Grupos homogéneos
A	6	1.41 ± 0.75	X
B	6	1.71 ± 0.87	~
C	6	1.41 ± 0.73	X
D	6	1.41 ± 0.66	X
Contraste	Significancia	Diferencia	± Límites
A x B	*	0.30	0.91
A x Control		0.00	0.91
A x D		0.00	0.91
B x Control	*	0.30	0.91
B x D	*	0.31	0.91
Control x D		0.00	0.91

La interacción resulta indiferente en el periodo de experimentación transcurrido, puesto que los valores muestran semejanza debido a que no se evidenció una constancia en el comportamiento a lo largo del tiempo en ninguna de las formulaciones, sino más bien mostró una tendencia creciente; para Martínez *et al.*, (2014) los valores de FCA varían durante el ciclo de producción con tendencia a incrementar según aumente el peso de los individuos, sin embargo, indica que para *L. vannamei* el valor ideal de FCA no debe ser superior a 1.5 en promedio, lo que se corrobora con nuestros resultados.

Los resultados promedios del factor de conversión alimenticia por tratamiento (Tabla 15) fueron: para la formulación A de 1.41; para la formulación B de 1.71; para la formulación D de 1.41 y para el control de 1.41. Una relación estadística ANOVA, entre las formulaciones y el control, originan un valor $F = 0.24$ y un valor $p = 0.866$, indicando que no existieron diferencias significativas entre ellas ($p > 0.05$).

Tabla 15: Valores promedio de FCA y prueba t-Student

FCA	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	6	6	6	6	Valor-P					
Promedio	1.41 ± 0.75	1.71 ± 0.87	1.41 ± 0.73	1.41 ± 0.66	0.53	1.00	0.99	0.53	0.51	1.00
Mínimo	0.54	0.42	0.51	0.61	t-Student					
Máximo	2.54	2.70	2.61	2.39	-0.64	0.00	0.01	0.66	0.69	0.01
Coef. Var. (%)	53.25	50.56	52.08	46.66						

Los valores finales de FCA no indicaron un buen índice, teniendo en cuenta su tendencia a elevarse; sin embargo, analizando los valores promedios se puede evidenciar que los mayores niveles de FCA se encontraron a una mayor concentración de soluble de pescado (en la formulación B se obtuvo un valor promedio de 1.71 mientras que en las demás se obtuvo un valor promedio igual a 1.41), el factor de conversión promedio usando el alimento comercial La Molina (control) tuvo un incremento semanal similar, mientras que los otros tratamientos desarrollaron un incremento irregular; sin embargo, los valores promedio para todos los tratamientos se encontraron dentro del rango estimado por Boyd *et al.*, (2001), de 1.5 a 2, rescatando un mejor aprovechamiento del alimento semana a semana en la formulación D, también con un valor promedio de 1.41; este hecho ha sido constatado por el estudio de Lemos *et al.* (2021) bajo condiciones de salinidad y temperatura similar, pero a una densidad mucho menor (82 ind m⁻³), obteniendo valores de FCA entre 1.5 y 2.5. Por otra parte, considerando lo estipulado por Talavera *et al.*, (2005) quien encontró valores de FCA menores a 1.3, transcurridas las primeras 4 semanas, en cultivos intensivos de *L. vannamei*, el presente experimento no ha conseguido igualar o mejorar este factor, pues el mínimo valor registrado para el mismo periodo de tiempo fue superior en todas las formulaciones a partir de la cuarta semana en adelante, tal como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Evolución de FCA durante el experimento

Días	Formulaciones			
	A	B	Control	D
0	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.54 ± 0.10	0.42 ± 0.12	0.51 ± 0.09	0.61 ± 0.08
14	0.99 ± 0.36	1.00 ± 0.58	0.96 ± 0.35	1.19 ± 0.67
21	1.00 ± 0.34	1.70 ± 0.11	1.08 ± 0.74	0.93 ± 0.23
28	1.33 ± 0.20	2.06 ± 0.06	1.55 ± 0.09	1.40 ± 0.06
35	2.07 ± 0.28	2.70 ± 0.03	1.75 ± 0.15	1.94 ± 0.03
42	2.54 ± 0.07	2.40 ± 0.10	2.61 ± 0.26	2.39 ± 0.28

4.2.2 Biomasa

Se vinculó la relación de las medias y varianzas, entre las formulaciones y control, para hallar un grado de similitud mediante un ANOVA obteniendo los valores $F = 6.62$ y $p = 6.9 \times 10^{-3}$, mostrando diferencias significativas en al menos uno de los tratamientos ($p < 0.05$). Finalmente, se realizó una prueba de comparaciones múltiples LSD para las medias a un nivel de confianza del 95% de las formulaciones y control, resultando diferencias entre la formulación B con las demás, incluyendo el control.

Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras se aplicó el procedimiento de comparación múltiple (Tabla 17); en la mitad superior se observa que la formulación B es estadísticamente diferente a las otras 3. Por otra parte, en la mitad inferior, el asterisco que se encuentra al lado de los 3 pares indica que estos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza.

Tabla 17: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para biomasa

	Recuento	Media	Grupos homogéneos
A	80	0.62 ± 0.07	X
B	80	0.77 ± 0.04	~
C	80	0.61 ± 0.07	X
D	80	0.61 ± 0.04	X
Contraste	Significancia	Diferencia	± Límites
A x B	*	-0.15	0.09
A x Control		0.02	0.09
A x D		-0.01	0.09
B x Control	*	0.16	0.09
B x D	*	0.13	0.09
Control x D		-0.02	0.09

Los rendimientos finales de producción, considerando que la unidad experimental tuvo comocapacidad 0.5 m³, fueron: formulación A = 1.24 ± 0.14 kg m⁻³, formulación B = 1.53 ± 0.07kg m⁻³, formulación C = 1.22 ± 0.14 kg m⁻³ y formulación D = 1.21 ± 0.09 kg m⁻³.

Tabla 18: Valores promedio de biomasa final y prueba t-Student

Biomasa (Kg)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Contro l	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	80	80	80	80	Valor-p					
Promedio	0.62 ± 0.07	0.77 ± 0.04	0.61 ± 0.07	0.61 ± 0.04	0.01	0.77	0.84	0.01	0.00	0.58
Mínimo	0.57	0.71	0.55	0.55	t-Student					
Máximo	0.72	0.79	0.72	0.64						
Coef. Var. (%)	11.30	4.59	11.90	7.16	-3.70	0.31	-0.22	4.01	4.76	-0.58

En el presente experimento asumimos que el concentrado soluble de pescado podría reemplazar a la harina de pescado y reflejar un mejor crecimiento en términos de peso en biomasa, posteriormente tras comprobar que existe una mayor diferencia significativa con un valor $p = 7.1 \times 10^{-3} < 0.05$ y $t = 4.01$ entre la formulación B y el control, con promedios finales de 0.77 ± 0.04 y 0.61 ± 0.07 Kg respectivamente; al respecto de las demás, la formulación B se sobrepone ligeramente a las

formulaciones A y D con valores $p = 1.01 \times 10^{-2} < 0.05$ y $t = -3.70$, y $p = 3.13 \times 10^{-3} < 0.05$ y $t = 4.76$ respectivamente (Tabla 18). La formulación B es significativamente diferente a las demás. En contraste, se confirma lo mencionado por Terrazas (2010) que en función de las cantidades en concentración de CSP en los alimentos estos pueden ser mejor aprovechados.

Tabla 19: Evolución de la biomasa durante el experimento

Días	Formulaciones (Kg)			
	A	B	Control	D
0	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01
7	0.10 ± 0.03	0.13 ± 0.04	0.10 ± 0.03	0.09 ± 0.02
14	0.15 ± 0.05	0.23 ± 0.10	0.17 ± 0.05	0.15 ± 0.05
21	0.28 ± 0.09	0.33 ± 0.09	0.28 ± 0.10	0.28 ± 0.09
28	0.40 ± 0.11	0.43 ± 0.10	0.39 ± 0.10	0.40 ± 0.09
35	0.52 ± 0.09	0.54 ± 0.09	0.52 ± 0.09	0.53 ± 0.09
42	0.64 ± 0.09	0.66 ± 0.09	0.61 ± 0.10	0.65 ± 0.10
45	0.62 ± 0.07	0.77 ± 0.04	0.61 ± 0.07	0.61 ± 0.04

Según la Tabla 19, los valores promedio se mantuvieron en una relación muy cercana entre sí durante toda la experimentación, de los cuales la diferencia solo se reflejó en la formulación B después del muestreo final.

4.2.3 Tasa de crecimiento absoluta y relativa

Se realizaron las pruebas estadísticas para el TCA y TCR con relación a sus medias, varianzas y relación múltiple entre las formulaciones y control.

Para el TCA, mediante un ANOVA, se obtuvo los valores $F = 0.84$ y $p = 0.4831$, no mostrando diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0.05$).

Por otra parte, mediante un análisis de comparaciones múltiples LSD de Fisher (Tabla 20) no se determinaron diferencias significativas en la TCA, en la mitad superior se observó como resultado los 4 grupos homogéneos con una X en la misma

columna, lo que indica que no existe diferencias significativas entre las formulaciones y en la mitad inferior, no se señala con ningún asterisco en la columna de significancia de los 6 pares, lo que indica que estos no muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza.

Tabla 20: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para TCA

	Recuento	Media	Grupos homogéneos
A	7	0.20 ± 0.02	X
B	7	0.25 ± 0.01	X
C	7	0.20 ± 0.02	X
D	7	0.21 ± 0.01	X
Contraste	Significancia	Diferencia	± Límites
A x B		-0.09	0.13
A x Control		-0.04	0.13
A x D		-0.01	0.13
B x Control		0.06	0.13
B x D		0.08	0.13
Control x D		0.027	0.132

Para el TCR, mediante un ANOVA, se obtuvo los valores $F = 0.82$ y $p = 0.4932$, no mostrando diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0.05$). A su vez, mediante un análisis de comparaciones múltiples LSD de Fisher (tabla 21) no se determinaron diferencias significativas en la TCA, en la mitad superior se observó como resultado los 4 grupos homogéneos con una X en la misma columna, lo que indica que no existe diferencias significativas entre las formulaciones; asimismo, en la mitad inferior, no se señala con ningún asterisco en la columna de significancia de los 6 pares, lo que indica que estos no muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95% de confianza.

Tabla 21: Prueba de comparación múltiple LSD de Fisher para TCR

	Recuento	Media	Grupos homogéneos
A	7	20.38 ± 2.27	X
B	7	25.18 ± 1.12	X
C	7	19.87 ± 2.33	X
D	7	20.69 ± 1.44	X
Contraste	Significancia	Diferencia	± Límites
A x B		-9.20	13.28
A x Control		-3.72	13.28
A x D		-0.96	13.28
B x Control		5.48	13.28
B x D		8.24	13.28
Control x D		2.76	13.28

Así mismo, se evaluó el comportamiento individual de los pesos y su interrelación mediante las Pruebas t-Student y Welch t-Student para varianzas iguales y diferentes respectivamente, resultando que las formulaciones A y B obtuvieron un valor $p = 2.2 \times 10^{-16}$ y explica que la diferencia entre las medias fue diferente de cero (existieron diferencias significativas entre sus pesos promedios individuales); las formulaciones A y control obtuvieron un valor $p = 2.743 \times 10^{-7}$ y explica que la diferencia entre las medias fue diferente de cero (existieron diferencias significativas entre sus pesos promedios individuales); las formulaciones A y D obtuvieron un valor $p = 2.2 \times 10^{-16}$ y explica que la diferencia entre las medias fue diferente de cero (existieron diferencias significativas entre sus pesos promedios individuales); las formulaciones B y control obtuvieron un valor $p = 2.2 \times 10^{-16}$ y explica que la diferencia entre las medias fue diferente de cero (existen diferencias significativas entre sus pesos promedios individuales); las formulaciones B y D obtuvieron un valor $p = 2.2 \times 10^{-16}$ y explica que la diferencia entre las medias fue diferente de cero (existen diferencias significativas entre sus pesos promedios individuales); las formulaciones D y control obtienen un valor $p = 2.2 \times 10^{-16}$ y explica que la diferencia entre las medias fue diferente de cero (existen diferencias significativas entre sus pesos promedios individuales). La ganancia de peso en *L. vannamei* alimentado con los diferentes tratamientos a los 45 días presentaron diferencias estadísticas significativas con

respecto al control.

Para Calle (2015), los resultados obtenidos en estanques usando alimentos comerciales, Nicovita y Aquaxcel, son mucho mayores en cuanto a crecimiento diario con valores promedio de 0.30 g mientras que a nivel experimental en áreas menores se encuentra por encima de los 0.20 g, hecho que se asemeja al valor obtenido con la formulación B con 0.25

± 0.01 g, contrariamente a lo encontrado por la marca comercial La Molina con un valor decrecimiento diario de 0.20 ± 0.02 g. Según Terrazas (2010) pese a existir un grado de similitud en concentraciones proteicas se debe evaluar el nivel de proteína digerible y la concentración de aminoácidos esenciales para determinar una mejor respuesta. De lo anterior, considerando que los niveles proteicos son similares tanto para la formulación B y control, se puede atribuir una mejor respuesta del CSP directamente en el crecimiento pues el menor valor en el crecimiento diario se encuentra en el tratamiento control, para esto es necesario contrastar los niveles de proteína digerible en cada uno de los tratamientos.

Los valores de TCA y TCR promedio se encuentran resumidos en la Tabla 22 y los pesos individuales graficados en la Figura 4.

Tabla 22: Valores promedios de peso individual / promedios de TCA y TCR

Tiempo de cultivo (días)	Peso promedio (g)			
	Formulación A	Formulación B	Control	Formulación D
0	0.50 ± 0.02	0.50 ± 0.02	0.50 ± 0.02	0.50 ± 0.02
7	1.38 ± 0.36	1.90 ± 0.60	1.48 ± 0.37	1.35 ± 0.32
14	2.23 ± 0.67	3.30 ± 1.40	2.44 ± 0.73	2.19 ± 0.78
21	4.00 ± 1.26	4.75 ± 1.34	4.12 ± 1.41	4.04 ± 1.24
28	5.76 ± 1.52	6.35 ± 1.41	5.74 ± 1.51	5.92 ± 1.31
35	7.58 ± 1.27	7.95 ± 1.41	7.64 ± 1.36	7.81 ± 1.30
42	9.41 ± 1.34	9.81 ± 1.33	8.99 ± 1.49	9.61 ± 1.51
45	9.22 ± 1.04	11.38 ± 0.52	8.99 ± 1.07	9.61 ± 0.67
TCA prom	0.20 ± 0.02	0.25 ± 0.01	0.20 ± 0.02	0.21 ± 0.01
TCR prom	20.38 ± 2.27	25.18 ± 1.12	19.87 ± 2.33	20.69 ± 1.44

Los resultados muestran que en todo el periodo de cultivo la formulación B presentó mejor ritmo de crecimiento (252 mg día^{-1}) en comparación con el control (199 mg día^{-1}); los pesos individuales presentaron diferencias significativas a razón semanal, tal como se muestra en la Figura 4, superando el valor entre 500 a $700 \text{ mg semana}^{-1}$, como lo expone Martínez *et al.* (2014). Delgado (2000), asevera que el ritmo de crecimiento es mayor en densidades poblacionales menores a 80 ind m^{-3} y el experimento se desarrolló con una densidad de 140 ind m^{-3} , guardando relación con un ritmo más aletargado en el crecimiento.

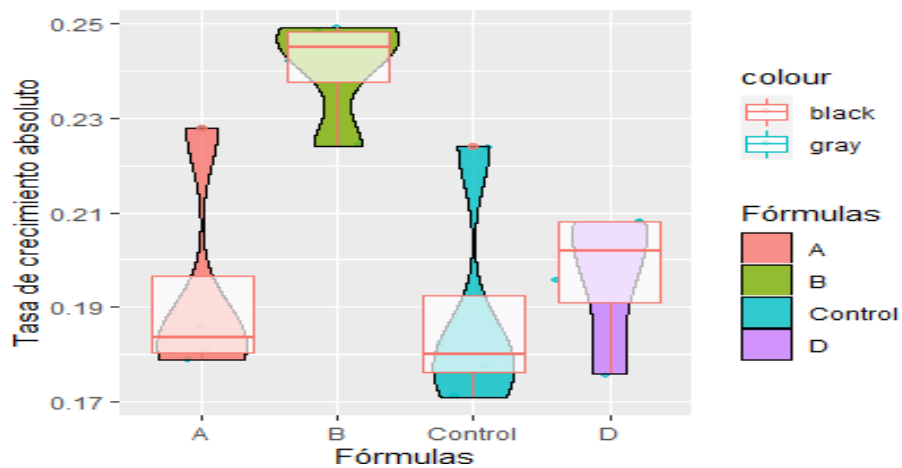


Figura 4. Comportamiento diario del peso individual promedio con relación a la TCA

4.2.4 Supervivencia

Los resultados obtenidos en términos de supervivencia por tratamiento fueron: para la formulación A de 95.71%, para la formulación B de 96.07%, para la formulación D de 92.5% y para el control de 96.79%, los valores se encuentran resumidos en la Figura 5.

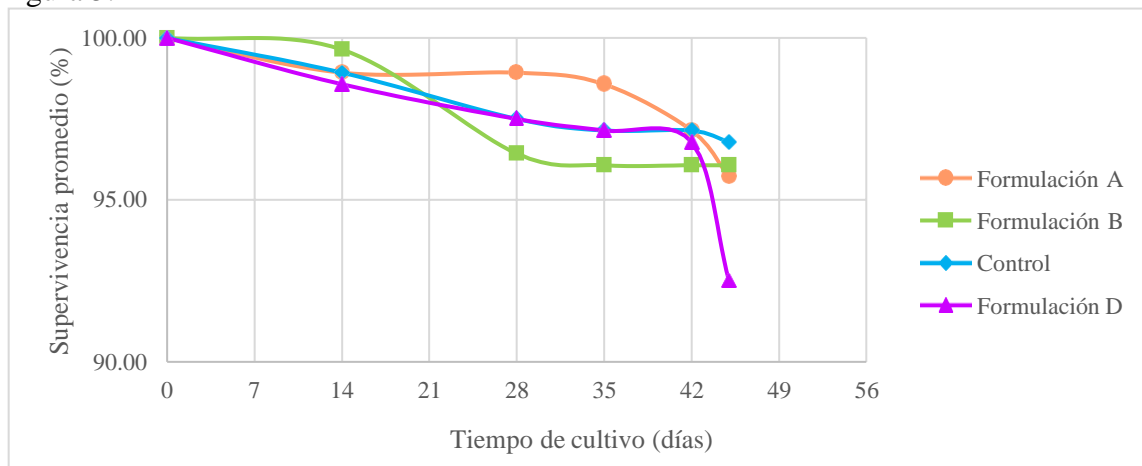


Figura 5. Comportamiento semanal de las formulaciones en función de la supervivencia promedio

La relación estadística ANOVA, entre las formulaciones y el control, brinda un valor $F = 0.49$ y $p = 0.693$, revelando que no existen diferencias significativas entre ellas ($p > 0.05$).

Los valores medios obtenidos por todos los tratamientos fueron notoriamente más altos que los valores de sobrevivencia mencionados por Rosenberry (2002), quien asegura que ésta debería oscilar entre 60 y 70% durante los primeros días de cultivo. La alta sobrevivencia concuerda con la afirmación de Berger *et al.*, (2005), quienes mencionan que ésta es mayor en individuos cuya procedencia es el laboratorio. En adición al postulado anterior, se cumple lo mencionado por Kir y Kumlu (2008), considerando que los factores abióticos como la temperatura y la salinidad se mantienen dentro del rango óptimo de cultivo.

Según Sgnaulin *et al.* (2018) y Okomoda *et al.* (2022) la sobrevivencia es un parámetro que estima si existe beneficio o no dentro de un sistema de cultivo, y es su variación porcentual a lo largo del desarrollo del individuo el que demuestra el mejor desempeño. De lo anterior, en la Figura 6 se puede observar la variación porcentual de la sobrevivencia para cada ciclo biométrico realizado semanalmente en donde el menor desempeño promedio es el de la formulación D con un $98.90 \pm 1.48 \%$, el resto de las formulaciones poseen una variación promedio semanal superior al 99%.

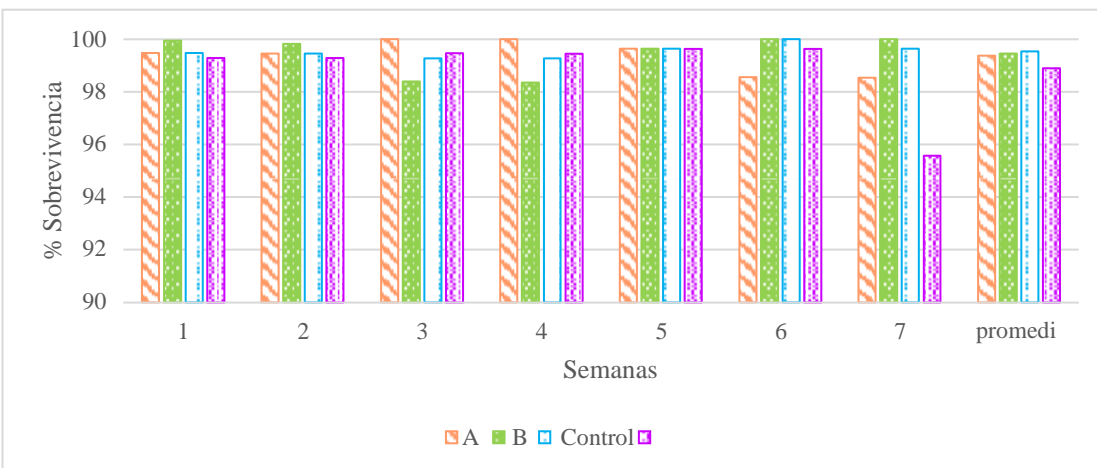


Figura 6. Variación porcentual semanal de la sobrevivencia

La alta densidad de cultivo en relación con la sobrevivencia en el experimento ha corroborado parte de lo expuesto por Valverde y Alfaro (2015), quienes determinaron una alta sobrevivencia en sistemas con altas densidades de siembra a nivel de laboratorio a diferentes estadios de producción, obteniendo valores promedio de 81% con densidad de cultivo de 85 ind m^{-3} , muy inferiores a los valores

obtenidos en el presente estudio, con valores superiores al 92% con relación de 140 ind m⁻³.

Por último, rescatar la diferencia de la sobrevivencia entre un sistema de cultivo intensivo en estanques y en laboratorio, la diferencia entre estos no es comparable pues existe menos control poblacional en un área más extensa y por lo tanto menos sobrevivencia. Calle (2015) determinó valores de sobrevivencia cercanas al 65% para los alimentos comerciales en estanques, mientras que Hernández (2016) y Aalimahmoudi *et al.* (2016) bajo parámetros similares de cultivo (OD = 6.62±0.12 mg L⁻¹, temperatura = 29.69±0.09 °C, salinidad = 37±0.71 UPS y pH = 8.2±0.08) registran 85% de sobrevivencia usando los mismos métodos de cultivo, pero en un sistema intensivo con invernaderos a menor densidad de cultivo, 82 y 57 ind m⁻³, respectivamente.

4.3 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

4.3.1 Temperatura

Los valores de temperatura se muestran divididos en mínimos, máximos y promedios según el tratamiento, estos se encuentran resumidos en la Tabla 23. El valor mínimo registrado fue de 26.6 °C durante las 02:00 y 04:00 horas del día 26/02 en el tanque n° 12 control, en contraste se registró un valor máximo de 34.4 °C a las 16:00 horas del día 22/03 en el mismo tanque, mientras que el valor promedio general fue de 30.68 °C. Por último, los valores de temperatura en promedio se encontraron por encima de 30.6 °C, de los cuales se encontró la formulación A por sobre los demás levemente con un valor de 30.8 °C, generando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en relación con la formulación B, que alcanzó los 30.66 °C, ligeramente inferior a las demás. Se puede apreciar la distribución de sus valores por cada formulación en la Figura 7.

Tabla 23: Promedio de temperatura y prueba t-Student

Temperatura (°C)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	176	176	176	176	Valor-p					
Promedio	30.80 ± 0.59	30.66 ± 0.64	30.74 ± 0.63	30.72 ± 0.57	0.02	0.20	0.19	0.20	0.30	0.76
Mínimo	27.3	27.10	26.60	27.60	t-Student					
Máximo	34.0	34.30	34.40	33.70						
Coef. Var. (%)	1.91	2.10	2.04	1.85	2.27	-1.29	1.32	-1.29	-1.05	0.31

Los valores reportados se encontraron comprendidos entre los 30.1 °C y 31.4 °C, estos resultados concuerdan con lo señalado por Briggs *et al.* (2004), quienes mencionan que el rango de cultivo se encuentra entre los 23 °C y 30 °C, señalando una temperatura de 30°C como valor óptimo, así también Boyd (2001) alude que el rango óptimo está comprendido entre los 25 °C y 32 °C, además, para Ponce-Palafox *et al.* (1997) el rango óptimo donde se tienen efectos positivos de crecimiento se encuentra entre los 30 °C y 35 °C.

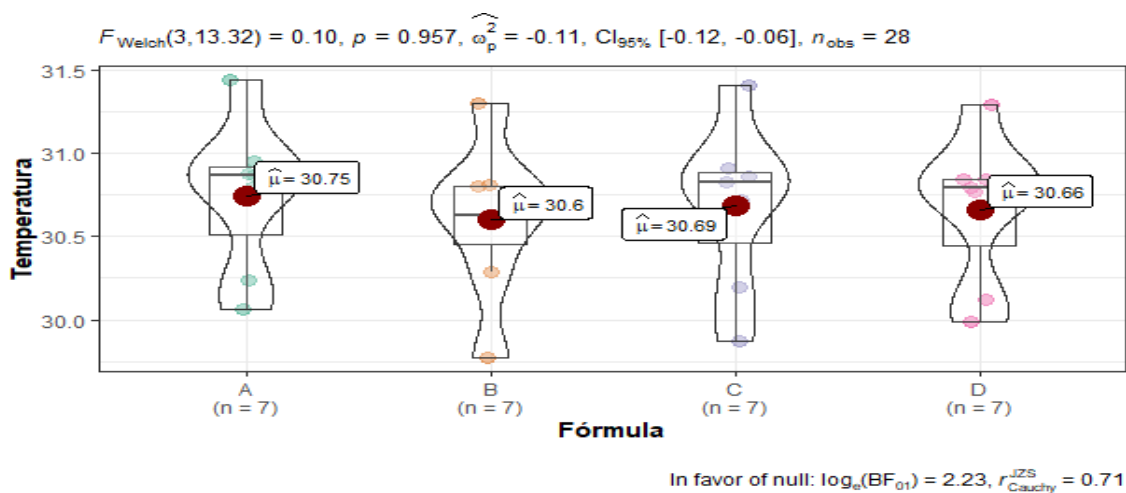


Figura 7. Análisis agrupado de las formulaciones en función de la temperatura

4.3.2 Oxígeno disuelto

Los valores de oxígeno disuelto se muestran divididos en mínimos, máximos y promedios según el tratamiento y se encuentran resumidos en la Tabla 24.

Tabla 24: Promedio de oxígeno disuelto y prueba t-Student

Oxígeno Disuelto (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	176	176	176	176	Valor-p					
Promedio	5.75 ± 0.90	5.54 ± 1.01	6.00 ± 0.69	5.65 ± 0.92	0.04	0.00	0.33	6.56x10 ⁻⁷	0.26	6.27x10 ⁻⁵
Mínimo	3.30	3.24	4.73	3.34	t-Student					
Máximo	7.48	7.29	7.40	7.52	-2.07	-2.98	0.99	-5.07	-1.13	4.05
Coef. Var. (%)	15.73	18.30	11.48	16.31						

El valor mínimo registrado fue de 3.24 mg L⁻¹ durante las 08:00 horas del día 16/03 en los tanques n° 4 y 14 de la formulación B, estos casos sumados a otros registros bajos del mismo día (las formulaciones A y D presentaron un valor de 3.30 y 3.34 mg L⁻¹ a las 8:00 horas) fueron excepcionales puesto que en la continuidad del experimento no se mostraron valores por debajo de 4.0 mg L⁻¹. Así mismo, se registró un valor máximo de 7.52 mg L⁻¹ durante las 14:00 horas del día 02/03 en el tanque 11 de la formulación D. Por último, los valores de oxígeno disuelto en promedio se encontraron por encima de 5.50 mg L⁻¹, de los cuales se encontró el control por sobre los demás con un valor promedio de 6.00 mg L⁻¹, generando diferencias estadísticamente significativas en relación con las otras formulaciones. La distribución de sus valores por cada formulación se aprecia en la Figura 8.

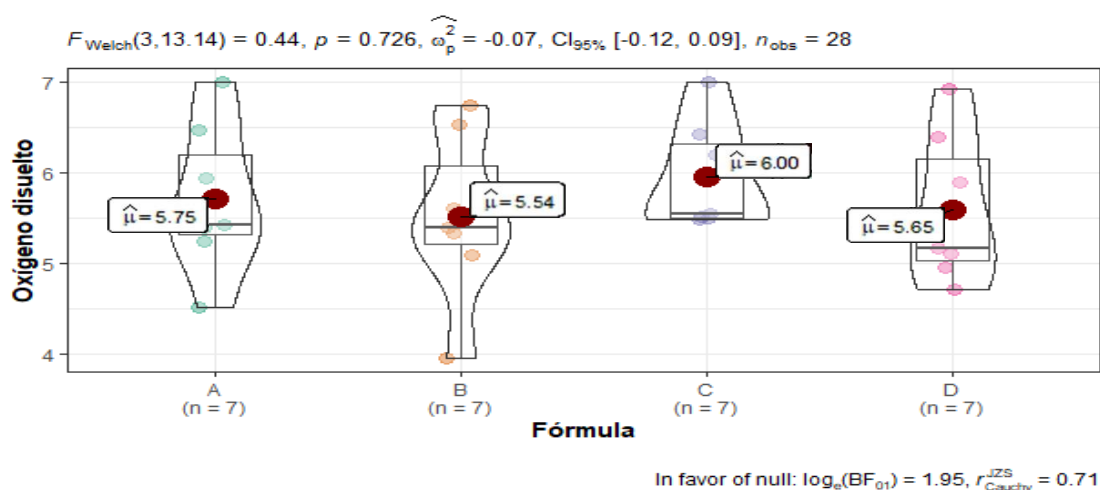


Figura 8. Análisis agrupado de las formulaciones en función del oxígeno disuelto

Los valores expuestos se encuentran comprendidos entre los 4.5 mg L⁻¹ y 6.7 mg L⁻¹, estos resultados concuerdan con lo mencionado por Rosas *et al.* (1998), quienes

señalanque para prever la reducción de la energía destinada al aumento de la biomasa los valores de OD deben ser superiores a 4.0 mg L⁻¹, corroborado a su vez por Martínez (1999). Boyd y Hanson (2010) concuerdan en que los valores mínimos situados entre los 2.32 y 3,89 mg L⁻¹ pueden verse reflejados en el incremento de la producción y la reducción de la mortalidad hasta en 20%, en contraste con tal afirmación, Seidman y Lawrence (1985) mencionan que el nivel crítico de concentración de OD para juveniles es de 1.91 mg L⁻¹, valor que no fue alcanzado en el presente experimento.

4.3.3 Salinidad

Los valores registrados de salinidad oscilaron cuando la temperatura del agua se encontraba entre 28 y 34 °C; manteniéndose constante cuando la temperatura era cercana a los 31 °C para todos los tratamientos.

Los valores de salinidad se mostraron divididos en mínimos, máximos y medio según el tratamiento y resumidos en la Tabla 25; el valor mínimo registrado fue de 26 UPS durante las 14:00 horas del día 28/02 en todas las formulaciones; así mismo, se registró un valor máximo de 42 UPS durante las 8:00 horas del día 19/02 (día de siembra) en las formulaciones A, B y control, estos casos son excepcionales puesto que no se volvieron a presentar valores anómalos; por último, los valores de salinidad en promedio se encontraron muy cercanos a los 32 UPS. Se aprecia la distribución de sus valores por cada formulación en la Figura 9.

Tabla 25: Promedio de salinidad y prueba t-Student

Salinidad (UPS)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	176	176	176	176	Valor-p					
Promedio	31.78 ± 3.28	31.88 ± 3.28	31.71 ± 3.43	31.74 ± 3.14	0.78	0.84	0.89	0.64	0.68	0.94
Mínimo	26	26	26	26	t-Student					
Máximo	42	42	42	41	-0.28	0.20	0.13	0.47	0.42	-0.07
Coef. Var. (%)	10.33	10.29	10.81	9.88						

Los valores reportados se encontraron comprendidos entre los 28 y 34 UPS y no se encontraron diferencias significativas entre ellos, estos resultados concuerdan a lo dispuesto por Liu (1989), nombrado en Stickney (2000), con un rango propuesto entre 32 y 35 UPS, así mismo se hallaron entre el rango 3 a 50 UPS generalizado de

Erchao *et al.* (2007), por su parte, Lin y Chen (2001) mencionan que a salinidades altas mejoran las tasas de crecimiento y sobrevivencia.

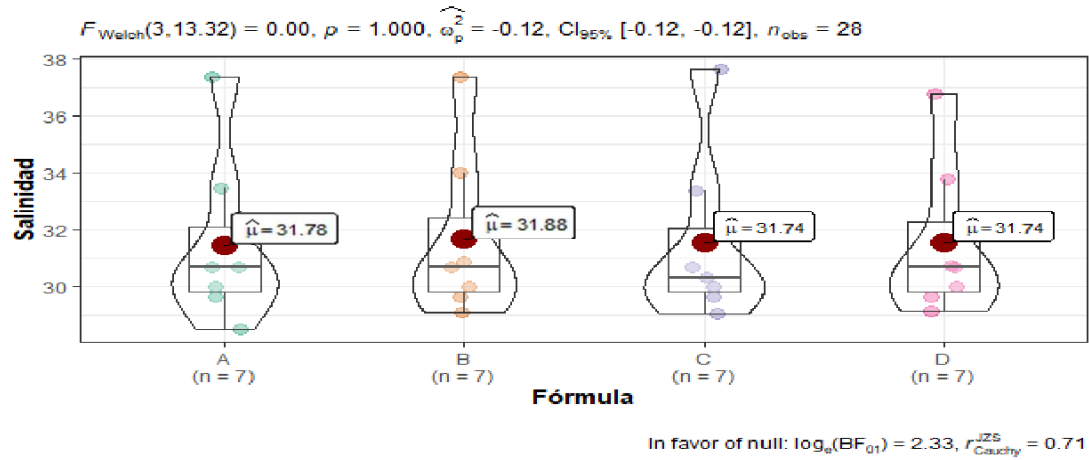


Figura 9. Análisis agrupado de las formulaciones en función de la salinidad

4.3.4 Potencial de hidrógeno (pH)

Los valores registrados de pH oscilaron entre 7 y 8; manteniendo una constancia apenas superior al grado neutro y ligeramente alcalino para todos los tratamientos.

Los valores de pH se mostraron divididos en mínimos, máximos y medio según el tratamiento, estos se encuentran resumidos en la Tabla 26. Los valores mínimo y máximo registrados fueron de 7.09 y 7.97, ambos en la formulación A; por su parte, el valor promedio de las formulaciones fue de 7.60 para cada uno de los casos, exceptuando al control con un valor de 7.67, levemente superior. La distribución de sus valores por cada formulación se aprecia en la Figura 10.

Tabla 26: Promedio de pH y prueba t-Student

pH	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	176	176	176	176	Valor-p					
Promedio	7.60 ± 0.19	7.60 ± 0.16	7.67 ± 0.17	7.60 ± 0.16	0.85	0.01	0.81	0.00	0.96	0.00
Mínimo	7.09	7.20	7.20	7.19	t-Student					
Máximo	7.97	7.92	7.96	7.92	0.19	-2.51	0.25	-2.88	0.06	2.95
Coef. Var. (%)	2.45	2.16	2.16	2.14						

En general, el control, con un valor de 7.67 se alejó un poco más de la neutralidad, generando diferencia estadística significativa, en contraste con las demás formulaciones ($p < 0.05$). El comportamiento general del pH para todos los tratamientos se encontró dentro del rango óptimo de desarrollo que es de 6 a 9 según Boyd (2001).

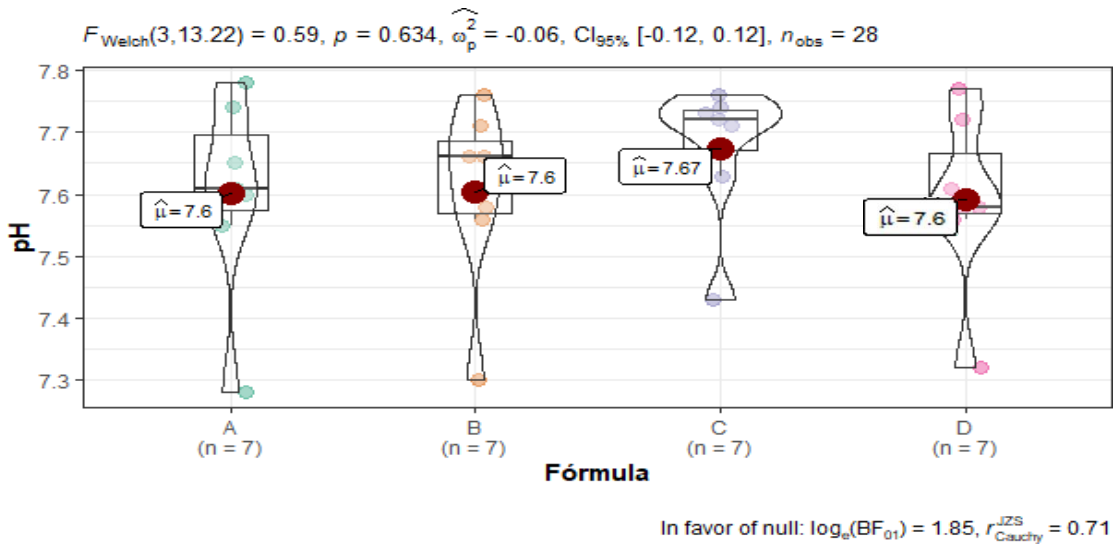


Figura 10. Análisis agrupado de las formulaciones en función del pH

4.3.5 Amonio, amoniaco, nitratos y nitritos

Los valores de los compuestos nitrogenados se encuentran ordenados en cuatro grupos: amonio, amoniaco, nitritos y nitratos, a su vez están resumidos en las Tablas 27 al 30, respectivamente.

Tabla 27: Promedio de amonio y prueba t-Student

NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	28	28	28	28	Valor-p					
Promedio	0.67 ± 0.36	0.73 ± 0.41	0.66 ± 0.30	0.65 ± 0.36	0.53	0.94	0.86	0.46	0.43	0.90
Mínimo	0	0.23	0.28	0.23	t-Student					
Máximo	1.32	1.90	1.20	1.80	-0.63	0.07	0.18	0.75	0.80	0.13
Coef. Var. (%)	54.25	55.81	44.71	55.42						

Según la tabla anterior, no existen diferencias significativas en cuanto a la concentración de amonio, sin embargo, de los valores obtenidos la formulación D tiene una menor

concentración de NH_4^+ con un valor medio de $0.65 \pm 0.36 \text{ mg L}^{-1}$, por el contrario, la formulación B tiene una mayor concentración con $0.73 \pm 0.410 \text{ mg L}^{-1}$; se toma en cuenta también que las formulaciones B y D registraron concentraciones (1.9 y 1.8 mg L^{-1} , en los tanques n° 14 y 3 en los días 01/03 y 22/03, respectivamente) superiores a los máximos establecidos (1 mg L^{-1}) por New (1990), nombrado en Stickney (2000), aunque también aceptado por Clifford (1994), mientras que Liu (1989) y Treece (2000), nombrados en Stickney *et al.* (2000) y Boyd y Clay (2002) señalan que el rango de tolerancia debería estar alrededor de 3 mg L^{-1} . Para Okomoda *et al.* (2022) quien obtuvo valores menores a 0.60 mg L^{-1} , los niveles de amonio pueden disminuir si se adicionan probióticos al medio y si se realizan periódicos recambios de agua; en adición, Moriarty (1997) menciona que estos pueden participar en la absorción de los nutrientes orgánicos. Para el presente experimento no se agregaron probióticos de manera que la cantidad de amonio solo pudo ser regulada mediante los recambios de agua, pese a ello, los valores promedio fueron muy similares y menores a un nivel tóxico.

Tabla 28: Promedio de amoniaco y prueba t-Student

NH_3 (mg L^{-1})	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	28	28	28	28	Valor-p					
Promedio	0.63 ± 0.33	0.69 ± 0.39	0.68 ± 0.44	0.64 ± 0.33	0.51	0.59	0.86	0.94	0.62	0.70
Mínimo	0	0.22	0.27	0.22	t-Student					
Máximo	1.20	1.80	2.30	1.70	-0.67	-0.54	-0.18	0.07	0.49	0.38
Coef. Var. (%)	53.12	55.88	63.77	52.03						

Según la Tabla 28, las formulaciones A y D tienen una menor concentración de NH_3 , con un valor medio de $0.63 \pm 0.33 \text{ mg L}^{-1}$ y $0.64 \pm 0.33 \text{ mg L}^{-1}$ respectivamente; por el contrario, las formulaciones B y C tienen una mayor concentración; pese a ello, los valores son muy cercanos y no muestran diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones. Según Chen y Lin (1991), citados por Siccardi III *et al.* (2006), los desechos nitrogenados en forma de amoniaco deben mantenerse por debajo de 2.37 mg L^{-1} para que no interfieran en la actividad metabólica de los individuos.

Tabla 29: Promedio de nitrato y prueba t-Student

NO ₂ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	28	28	28	28	Valor-p					
Promedio	2.74 ± 1.38	2.16 ± 1.35	1.86 ± 1.31	2.05 ± 1.26	0.12	0.02	0.06	0.40	0.77	0.57
Mínimo	0.00	0.04	0.01	0.00	t-Student					
Máximo	4.65	4.47	4.47	4.05	1.60	2.46	1.95	0.84	0.30	-0.57
Coef. Var. (%)	50.23	62.40	70.61	61.51						

Según la tabla anterior, existen diferencias significativas en cuanto a la concentración de nitrato entre las formulaciones A y Control, obteniendo en términos promedio para el control una menor concentración de nitrato con un valor promedio de $1.86 \pm 1.312 \text{ mg L}^{-1}$, mientras que, la formulación A tuvo una mayor concentración con $2.74 \pm 1.377 \text{ mg L}^{-1}$; se tuvo en cuenta que solo el control no se encontró por encima de los máximos establecidos (2 mg L^{-1}) por Treece (2000), nombrado en Stickney (2000); sin embargo, según Clifford (1994) los valores por encima de los 0.8 mg L^{-1} de nitrato ya pueden considerarse tóxicos. Según Molina y Villarreal (2008), la adición de alimento artificial a sistemas de cultivo intensivos proporciona una gran cantidad de nitrógeno de los cuales solo una fracción, entre 23 y 47%, es transformada en biomasa del langostino. Se podía indicar que la adición de CSP a la composición de los alimentos ha incrementado la cantidad de nitrógeno disponible en el ambiente de los individuos en estudio, pues a diferencia del control, los valores superiores a los mínimos establecidos se encuentran en los tratamientos experimentales.

Tabla 30: Promedio de nitrito y prueba t-Student

NO ₃ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	28	28	28	28	Valor-p					
Promedio	0.13 ± 0.12	0.14 ± 0.13	0.13 ± 0.12	0.10 ± 0.09	0.68	1.00	0.30	0.69	0.15	0.32
Mínimo	0.00	0.01	0.00	0.00	t-Student					
Máximo	0.46	0.41	0.49	0.30	-0.42	0.00	1.05	0.41	1.45	1.01
Coef. Var. (%)	91.19	91.35	97.78	93.52						

Por otra parte, según la Tabla 30, no existen diferencias significativas en cuanto a la concentración de nitrito, sin embargo, en términos promedio la formulación D tiene una menor concentración de nitrito con un valor medio de 0.10 ± 0.091 mg L⁻¹, por el contrario, la formulación B tiene una mayor concentración con 0.14 ± 0.12 mg L⁻¹; en general se considera que los valores de nitritos en el medio acuático deben ser < 0.25 mg L⁻¹ según Liu(1989), Chiang *et al.*, (1989), New (1990) y Treece (2000), nombrados en Stickney (2000) y para Venkateswarlu *et al.* (2019) deben ser < 0.50 mg L⁻¹, aseverando que la concentración de nitrito en sistemas intensivos de cultivo puede ser nocivo para los langostinos si no se controla la formulación del alimento, teniendo para estos casos, con límites más ajustados, que los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores óptimos propuestos; entre otras aseveraciones, Hirono (1983) menciona que los valores de toxicidad se encuentran por encima de los 3 mg L⁻¹, mientras que para Clifford (1994) los nitritos son tóxicos desde 1 mg L⁻¹, además para Chen y Lin (1991), citados por Siccardi III *et al.* (2006), debería situarse por debajo de los 2.04 mg L⁻¹. Considerando estos enunciados, los resultados obtenidos se encontraron dentro del rango permitido.

4.3.6 Fosfatos

Los valores de compuestos fosforados se muestran divididos en mínimo, máximo y medio según el tratamiento, resumidos en la Tabla 31.

Tabla 31: Promedio de fosfato y prueba t-Student

PO ₄ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	28	28	28	28	Valor-p					
Promedio	2.40 ± 1.48	2.52 ± 1.70	1.43 ± 0.73	2.29 ± 1.19	0.79	0.00	0.75	0.00	0.56	0.00
Mínimo	0.00	0.14	0.33	0.28	t-Student					
Máximo	5.90	5.80	3.60	4.30	-0.26	3.14	0.32	3.12	0.58	-3.28
Coef. Var. (%)	61.66	67.73	50.83	51.85						

Los valores promedio de las formulaciones fueron superiores al control, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p < 0.05$). Estos valores superan lo propuesto por Stickney (2000), quien menciona que no debería ser >0.05 mg L⁻¹. Por otro lado, los valores encontrados por Okomoda *et al.* (2022) disciernen con el anterior pues resalta que la concentración de fosfato debe ser <1.5 mg L⁻¹ cuando se trata de cultivos intensivos convencionales, atribuyendo al control un nivel muy cercano; los altos valores obtenidos en el presente estudio se deben en parte a la ausencia de bacterias desnitrificantes, las cuales contribuyeron con la alta concentración de nitrato en el medio lo que impidió la liberación del fósforo (Xu *et al.* 2016).

4.3.7 Dureza cálcica, alcalinidad, calcio y magnesio

Los valores alcalinos se encuentran ordenados en cuatro grupos: dureza cálcica (expresada carbonatos), alcalinidad total (expresada en bicarbonatos) y, calcio y magnesio, a su vez resumidos en las Tablas 32 al 35, respectivamente.

Tabla 32: Promedio de dureza cálcica y prueba t-Student

CaCO ₃ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	36	36	36	36	Valor-p					
Promedio	122.36 ± 28.67	128.75 ± 21.23	121.25 ± 17.13	124.58 ± 23.74	0.29	0.84	0.72	0.10	0.44	0.50
Mínimo	55.0	90.0	85.0	65.0	t-Student					
Máximo	180.0	190.0	155.0	190.0						
Coef. Var. (%)	23.43	16.49	14.13	19.05	-1.07	0.20	-0.36	1.65	0.79	-0.68

Según la tabla anterior, no existen diferencias significativas en la concentración de dureza cálcica, pero, en términos promedio, las formulaciones A y control tuvieron una menor concentración de dureza cálcica expresada en CaCO₃, con un valor medio de 122.36 ± 28.67 mgL⁻¹ y 121.25 ± 17.13 mg L⁻¹, respectivamente; por el contrario, la formulación B tuvo una mayor concentración con 128.75 ± 21.23 mg L⁻¹. Los resultados observados para las formulaciones cumplieron con el rango permitido de concentración (100 a 200 mg L⁻¹) recomendados por Boyd y Daniels (1994), Boyd (2001), Ching (2007), Vinatea *et al.* (2010) y Ray *et al.* (2011). En contraparte, Venkateswarlu *et al.* (2019) mencionan que los valores de dureza cálcica deberían ser > 1000 mg L⁻¹, de manera que minimice los efectos del pH cuando este aumente.

Tabla 33: Promedio de alcalinidad y prueba t-Student

HCO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	36	36	36	36	Valor-p					
Promedio	150.31 ± 38.61	154.31 ± 24.65	148.47 ± 20.21	151.53 ± 28.66	0.60	0.80	0.88	0.28	0.66	0.60
Mínimo	50.0	105.0	105.0	80.0	t-Student					
Máximo	220.0	230.0	185.0	230.0						
Coef. Var. (%)	25.69	15.97	13.61	18.91	-0.52	0.25	-0.15	1.10	0.44	-0.52

Según se observa, el control tuvo una menor concentración de alcalinidad expresada en HCO₃⁻, con un valor promedio inferior a 150 mg L⁻¹ y las demás formulaciones valores promedio ligeramente superior a los 150 mg L⁻¹, sin embargo, los valores obtenidos no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre formulaciones y control. Los resultados observados se mantuvieron en el rango de

concentración de 100 a 200 mg L⁻¹ recomendados por Boyd y Daniels (1994), Boyd (2001), Ching (2007), Vinatea *et al.* (2010), Ray *et al.* (2011) y > 150 mg L⁻¹ propuesto por Venkateswarlu *et al.* (2019).

Los valores promedio de Ca⁺² (Tabla 34) fueron mayores estadísticamente para la formulación A en comparación con la B, con relación a las demás formulaciones y control con un valor $p = 0.004$ y $t = 2.99$. Según Venkateswarlu *et al.* (2019), este mineral es muy importante en la formación del exoesqueleto y su contenido debería situarse por encima de los 150 mg L⁻¹, sin embargo, debido al exceso de mudas por un mayor crecimiento, la demanda del mineral aumentó y la concentración en agua fue inferior al comportamiento normal.

Tabla 34: Promedio de calcio y prueba t-Student

Ca ⁺² (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	36	36	36	36	Valor -p					
Promedio	135.25 ± 47.71	109.67 ± 19.07	118.58 ± 24.54	117.39 ± 28.04	0.00	0.07	0.06	0.09	0.18	0.85
Mínimo	62.0	60.0	80.0	30.0	t-Student					
Máximo	270.0	160.0	200.0	200.0	2.99	1.86	1.94	-1.72	-1.37	0.19
Coef. Var. (%)	35.28	17.39	20.70	23.89						

La Tabla 35 expresa los resultados promedio de Mg⁺², donde la formulación A mostró diferencias significativas con relación a la formulación B ($p < 0.05$). Los resultados observados no cumplieron con el rango permitido de concentración (> 300 mg L⁻¹) recomendado por Stickney (2000). La constante demanda metabólica puede explicar la baja concentración de Mg⁺² en la formulación B, hecho que se suscita de manera contraria en el control.

Tabla 35: Promedio de magnesio y prueba t-Student

Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	36	36	36	36	Valor-p					
Promedio	72.56 ± 65.534	53.83 ± 39.346	90.0 ± 80.99	63.89 ± 39.039	0.15	0.32	0.50	0.02	0.28	0.09
Mínimo	14.0	17.0	26.0	19.0	t-Student					
Máximo	300.0	200.0	370.0	170.0	1.47	-1.00	0.68	-2.41	-1.09	1.74
Coef. Var. (%)	90.32	73.09	89.99	61.10						

4.3.8 Potasio

Los valores de K se muestran divididos en mínimo, máximo y medio según el tratamiento, resumidos en la Tabla 36.

Tabla 36: Promedio de potasio y prueba t-Student

K ⁺ (mg L ⁻¹)	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control 1	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	36	36	36	36	Valor-p					
Promedio	109.75 ± 61.89	114.06 ± 60.21	98.83 ± 47.29	98.17 ± 43.39	0.77	0.40	0.36	0.24	0.20	0.95
Mínimo	11.0	38.0	38.0	23.0	t-Student					
Máximo	300.0	245.0	210.0	225.0	-0.30	0.84	0.92	1.19	1.29	0.06
Coef. Var. (%)	90.32	73.09	89.99	61.10						

Los valores promedios de K⁺ tuvieron mucha similitud y no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$); la concentración adecuada (50 mg L⁻¹) según Treece (2000), nombrado en Stickney (2000) fue mucho menor a la alcanzada, habiendo un exceso del mineral durante todo el proceso del experimento.

Los iones Ca^{+2} , K^{+} y Mg^{+2} se encuentran muy relacionados debido a su participación en la actividad metabólica y estructural, de tal manera Chávez (2011) reporta que debe existir un similitud entre las concentraciones de iones Ca^{+2} y K^{+} en relación 1:1 y 2:1 para los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} , analizando este enunciado se pudo realizar la comparación en el Ca^{+2} , con un valor promedio cercano a los 115.0 mg L^{-1} , mientras que en el K^{+} el valor promedio oscila los 105.0 mg L^{-1} , la relación obtenida se encontró muy cercana a la unidad; por otra parte, el valor de Mg^{+2} oscila los 65 mg L^{-1} , muy próximo a la relación 1:2 con Ca^{+2} .

4.3.9 Cloruros

Los valores de Cl^{-} se muestran divididos en mínimo, máximo y medio según el tratamiento, resumidos en la Tabla 37.

Tabla 37: Valores generales de cloruros y prueba t-Student

Cl^{-} (mg L^{-1})	Formulaciones				Comparación estadística					
	A	B	Control	D	A x B	A x C	A x D	B x C	B x D	C x D
Recuento	36	36	36	36	Valor-p					
Promedio	0.12 ± 0.11	0.06 ± 0.05	0.08 ± 0.07	0.05 ± 0.03	0.00	0.06	0.00	0.16	0.72	0.06
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	t-Student					
Máximo	0.36	0.19	0.34	0.13	3.14	1.93	3.52	-1.44	0.37	1.90
Coef. Var. (%)	90.90	92.63	91.88	65.02						

El valor promedio de ion cloruro de la formulación A mostró diferencias estadísticamente significativas en contraste con las demás ($p < 0.05$), asimismo fue el tratamiento con mayor concentración de este elemento. La presencia de Cl^{-} debe mantener valores cercanos a la nulidad para evitar estrés o intoxicación (Stickney 2000).

4.4 RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y FÍSICOQUÍMICOS

Durante todo el experimento se evidenciaron y controlaron los parámetros físicoquímicos del agua de cultivo en los reservorios y tanques de cultivo, de manera que estos en ningún momento interfirieron con el desarrollo de los individuos de *L. vannamei*, llegando a tener un registro asiduo de cada uno de ellos para que, en todo

momento, se mantengan cercanos a los valores promedio. Sumado a lo mencionado, los parámetros físicos de calidad de agua mostraron valores que comprometieron al crecimiento y las diferencias que existen, si bien en algunos casos mostraron diferencias significativas entre sus resultados, permanecieron dentro del rango permitido según los diversos autores.

De los parámetros fisicoquímicos estudiados se detectaron valores muy cercanos a los óptimos tanto para la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, así como para la concentración de Cl^- , iones amonio, nitrito y nitrato; sin embargo, cabe mencionar que las propiedades de las formulaciones tuvieron incidencia en la concentración de minerales logrando que los valores de concentración de K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} y P^{-3} sobrepasen el mínimo permitido, en el caso de las formulaciones B y D con mayor contenido de CSP; por otra parte, pese a exceder los valores recomendados la relación 1:1 entre el Ca^{+2} y el K^+ fue muy cercana.

El desarrollo de los individuos se vio comprometido en todo momento de la experimentación a las características de las dietas formuladas, de modo que así se lograron destacar las diferencias entre las dietas que se suministraron.

V. CONCLUSIONES

1. La formulación más adecuada fue la formulación B con 75% de contenido de CSP y 25% de HP, pues generó un mayor crecimiento en solo 45 días de experimentación llegando a alcanzar un promedio de 11.37g con un ritmo de crecimiento constante de 252mg/día, a una densidad de cultivo de 140 ind/m³.
2. El reemplazo parcial de HP por CSP no influye en la sobrevivencia, consumo de alimento y FCA en el cultivo de *L. vannamei*.
3. El estudio demostró que el reemplazo parcial de HP por CSP ocasiona un aumento en la concentración de los compuestos nitrogenados y una mayor demanda de minerales en el medio de cultivo.

VI. RECOMENDACIONES

En relación con los resultados alcanzados en el presente estudio,

1. Disminuir la densidad de siembra a 120 ind./m³ de manera que la cantidad de individuos desarrolle mejor en un medio con más espacio disponible.
2. Adicionar un mejor aglutinante en el alimento aplicando la formulación B (75% CSP y 25%HP) para reducir los valores altos de compuestos nitrogenados producto de la lixiviación.
3. Aplicar una estrategia de alimentación más eficiente basándose en la digestibilidad de los individuos.
4. Realizar estudios ultraestructurales e histoquímicos del hepatopáncreas para reconocer la actividad digestiva específica y el efecto final del alimento en el metabolismo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aalimahmoudi, M.; Reyshahri, A.; Saehipour, S.; Maniat, M. 2016. Effects of feeding frequency on growth, feed conversion ratio, survival rate and water quality of white lef shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931). International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 4(3):293-297p.
- Abimorad, E.G.; Squassoni, G.H; Caneiro, D.J. 2008. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. Aquaculture nutrition. 14:374-380p.
- Akiyama, D.M.; Dominy, W.G.; Lawrence, A. 1992. Penaeid shrimp nutrition. In: Fast, A.W., Lester, J. (Eds.) Marine Shrimp Culture: Principles and Practices. Elsevier. 535-567p.
- APHA. 2012. Standards methods for the examination of water and wastewater. 23rd ed. American Public Health Association, Washington, DC, USA.
- Aquatech. s/f. Línea de productos alimenticios para camarón de mar o langostino. <http://aquatech.pe/camarones-langostinos/>
- Au Díaz, N. 1996. Elaboración de harina de pescado de alta calidad. Manual preparado especialmente para Esmital Ltda. Concepción, Chile. 126p.
- Avnimelech, Y. 2012. Biofloc technology – A practical guidebook. The World Aquaculture Society. 2nd Ed.
- Balakrishnan, G.; Peyail, S.; Ramachandran, K.; Theivasigamani, A.; Savji, K.; Chokkaiah, M.; Nataraj, P. 2011. Growth of cultured white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* in different stocking density. Pelagia Research Library. Advances in Applied Science Research. 107-113p.
- Barba, E. 1999. El comportamiento osmorregulador de los crustáceos.
- Barlow, S.; Windsor, M. 1984. Fishery by-products. IAFMM (International Association of Fish Meal Manufacturers). Technical Bulletin No. 9. <http://www.iffco.org.uk/tech/techI9.htm>

- Bate, C.S. 1888. Report on the Crustacea Macrura collected by the H.M.S. Challenger during the years 1873-76. Reports of the voyage of the H.M.S. Challenger. Zoology, 24: 1-942p.
- Berger, C.H.; Quispe, M.; Talavera, V. 2005. Programa Nacional para la Competitividad de la Acuicultura de Langostinos en el Perú. 2005 – 2014. P. Trillo (Ed.), Investment S.A.C. 164p.
- Bhaskar, T.I; Ali, S.A. 1984. Studies on the protein requirement of postlarval of the penaeid prawn *Penaeus indicus* H. Milne Edwards using purified diets. Indian Journal of Fisheries. 31: 74-81p.
- Boone, L. 1931. A collection of anomuran and macruran Crustacea from the Bay of Panama and the fresh waters of the Canal Zone. Bulletin of the American Museum of Natural History. 63: 137-189p.
- Boyd, C.E.; Pillai, V.K. 1984. Water quality management in aquaculture. Central Marine Fisheries Research Institute. 22:97p.
- Boyd, C.E.; Daniels, H.V. 1994. Liming and fertilization of Brackishwater shrimp ponds. Journal of Applied Aquaculture. 2(3/4):221-234p.
https://doi.org/10.1300/J028v02n03_11
- Boyd, C.E. 2000. Water Quality, an Introduction Kluwer Academic Publishers. 1st Edition. 330p.
- Boyd, C.E. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M.C., Boyd, C.E. (Eds.). Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Editorial/imprensa UCA. 24-25p.
- Boyd, C.E.; Treece, G.; Engle, R.C.; Valderrama, D.; Lightner, D.V.; Pantoja, C.R.; Fox, J.; Sánchez, D.; Otwell, S.; Garrido, L.; Garrido, V.; Benner, R. 2001. Consideraciones sobre la calidad del agua y del suelo en cultivos de camarón. En: Haws, M.C., Boyd, C.E. (Eds.). Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. 1-30p.
- Boyd, C.E.; Clay, J. 2002. Evaluation of Belize aquaculture, Ltd: super intensive shrimp aquaculture system. FAO. 1st ed. 17p. Boyd, C.E.; Hanson, T. 2010. Dissolved-oxygen concentrations in pond aquaculture. Global Aquaculture Advocate. 40-41p.

- Boyd, C.E.; Tucker, C.S.; Viriyatum, R. 2011. Interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries. *Nort American Journal of Aquaculture*. 73: 403-408p.
- Bray, W.A.; Lawrence, A.L.; Leung-Trujillo, J.R. 1994. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observation on interaction of IHHN virus and salinity. *Aquaculture*. 122:133-146p.
- Briggs, M.; Funge-Smith, S.; Subasinghe, R.; Phillips, M. 2004. Introductions and movement of *Penaeus vannamei* and *Penaeus stylirostris* in Asia and the Pacific. *RAP Publ.* 10. FAO.
- Brock, J.; Main, L. 1995 Anatomía del camarón y funciones. http://www.nicovita.com.pe/extranet/Boletines/nov_98_01.pdf.
- Burford, A.M.; Thompson, P.T.; McIntosh, R.P.; Bauman, R.H.; Pearson, D.C. 2003. Nutrient and microbial dynamics in high intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. *Aquaculture*. 219: 393-411p.
- Caipang, C.; Aguana, M. 2011. Conventional PCR assays for the detection of pathogenic *Vibrio spp.* in shrimp aquaculture in the Philippines. *Int. J. Bioflux Soc.* 4: 339- 350p.
- Calle, J.L. 2015. Evaluación de dos alimentos balanceados Nicovita y Aquaxcel en la fase de precría de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) “langostino blanco”, en la empresa Ecoacuícula SAC. Tesis para obtener el grado de ingeniero pesquero de la Universidad Nacional de Piura.
- Campaña, A.; Martínez, L.R.; Villarreal, H.; Civera, R. 2005. In vivo dry matter and protein digestibility of three plant-derived and four animal-derived feedstuffs and diets for juvenile Australian redclaw, *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture* 250:748-754p.
- Campaña, A.; Martínez, L.R.; Villarreal, H.; Civera, R. 2008. Carbohydrate and lipid digestibility of animal and vegetal ingredients and diets for pre-adult Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Vod Martens). *Aquaculture research* 39.10:1115-1121p.
- Carrillo, O.; Vega, F.; Nolasco, H.; Gallardo, N. 2000. Aditivos alimentarios como

- estimuladores del crecimiento de camarón. En: Cruz, L.E.; Ricque, D.; Tapia, M.; Olvera, M.A.; Civera, R. (Eds.). Avances en nutrición acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 19-22p.
- Chamberlain, G. 1995. Frontiers in shrimp nutrition research. In: Browdy, C., Hopkins, S. (Eds.). Swimming through troubled water proceedings of the world aquaculture society. 108-114p.
- Chanratchakool, P.; Thurnbull, J. F.; Funge-Smith, S.; Limsuwam, C. 1995. Factores que afectan el consumo de alimento en las bandejas de alimentación o comederos. Boletines Nicovita. 2p.
- Chávez, J. 2011. Balance iónico en los alimentos acuícolas: términos y referencias. Panorama Acuícola Magazine. 16:40-44p.
- Chen, J.C.; Liu, P.C.; Lei, S.C. 1990. Toxicity of ammonia and nitrite to *Penaeus monodon* adolescents. Aquaculture. 89:127-137p.
- Chen, J.C., Lin, C.Y., 1991. Lethal effects of ammonia and nitrite on *Penaeus penicillatus* juveniles at two salinity levels. Comparative Biochemistry and Physiology. 100C: 477-482p
- Chen, J.C.; Nan, F.H. 1994. Comparisons of oxygen consumption and ammonia-N excretion of five penaeids. *Journal of Crustacean Biology* 14:289-294p. <https://doi.org/10.2307/1548909>
- Chen, Z.; Chang, Z.; Zhang, L.; Jiang, Y.; Ge, H.; Song, X.; Li, J. 2019. Effects of water recirculation rate on the microbial community and water quality in relation to the growth and survival of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). BMC Microbiology. 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1564-x>
- Ching, C.A. 2007. La alcalinidad en el agua de cultivo del camarón de mar. Boletín Nicovita. 1-3p.
- Civera, R.; Goytortúa, E.; Rocha, S.; Nolasco, H.; Vega, F.; Balart, E.; Amador, E.; Ponce, G.; Colado, G.; Lucero, J.; Rodríguez, C.; Solano, J.; Flores, A.; Morroy, J.; Coral, G. 2000. Uso de la langostilla roja *Pleurocondes palnipes* en la alimentación de organismos acuáticos. En: Civera, R.; Pérez, C.;

- Ricque, D.; Cruz, L.E. (Eds.) Avances en nutrición acuícola IV. Memorias del IV Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. 349-365p.
- Clifford, H.C. 1994. Semi-intensive sensation: A case study in marine shrimp pond management. *World Aquaculture*. 25: 98-104p.
- Colvin, L.B.; Brand, C.W. 1977. The protein requirement of penaeid shrimp at various lifecycle stages in controlled environmental systems. *Proceedings of the World Mariculture Society*. 8: 821-840p.
- Davis D. A.; Lawrence A. 1993. Response of *Penaeus vannamei* to dietary calcium, phosphorus, and calcium: phosphorus ratio. *Journal of the World Aquaculture Society*. 24(4): 504-515p.
- Decamp, O.; Cody, J.; Conquest, L.; Delanoy, G.; Tacon, A.G. 2003. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone), within experimental zero-water exchange culture systems. *Aquaculture Research*. 34:345-355p.
- Delgado, H. 2000. Efecto de cuatro densidades de siembra sobre el crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, cultivado en estanques rústicos. http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Humberto%20Manzo%20Delgado.pdf.
- Deshimaru, O.; Kuroki, K.; Sakamoto, S.; Yone, Y. 1978. Absorption of labeled-⁴⁵Ca by prawn from sea water. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 44:975-977p.
- Díaz, F.; Farfán C.; Sierra, E.; Re, A.D. 2001. Effects of temperature and salinity fluctuation on the ammonium excretion and osmoregulation of juveniles of *Penaeus vannamei* Boone. *Marine Freshwater Behavior and Physiology*. 34: 93-104p.
- Ebeling, J.M.; Timmons, M.B.; Bisogni, J.J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*. 257:346-358p.
- Effendi, M.I. 2002. *Fishing biology*. Nusatama Library Foundation. Yogyakarta, Indonesia. 163p.

- Erchao, L.; Liqia, C.; Ceng, Z.; Xuemin, C.; Na, Y.; Qiuming, L.; Jian, G. 2007. Growth body composition, respiration, and ammonia nitrogen tolerance of juvenile White shrimp, *Litopenaeus vannamei*, at different salinities. *Aquaculture*. 265:385-390p.
- Fandrey, J. 1995. Hypoxia-inducible gene expression. *Respiration physiology*. 101:1-10p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Plantas en invertebrados. I: 484-507p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación). 2004. Manejo sanitario y mantenimiento de la bioseguridad de los laboratorios de postlarva de camarón blanco (*Penaeus vannamei*) en América Latina. Servicio de Recursos de Aguas Continentales y Acuicultura, Dirección de Recursos Pesqueros. 66p.
- Farro, H. 1996. Industria Pesquera. Industrial Gráfica (Eds.). 297p.
- Fox, J.; Treece, G. 2010. Nutrición y manejo del alimento. Métodos para mejorar la camaronicultura en Centroamérica. Haws, M.C. y Boyd, C.E. (Eds.) 65-90p.
- Frías, M.G.; Páez, F. 2001. Toxicidad de los compuestos nitrogenados en camarones. En: Páez, F. (Ed.). Camaronicultura y Medio Ambiente. UNAM y el Colegio Sinaloa. 253p.
- Glencross, B.D.; Smith, D.M.; Tonks, M.L.; Tabrett, S.J.; Williams, K.C. 1999. A reference diet for nutritional studies of the giant tiger prawn *Penaeus monodon*. *Aquaculture Nutrition*. 5:33-39p.
- Grasso, L. 1973. Apuntes sobre tecnología del pescado: harinas y aceites de pescado, aprovechamiento de residuos. 35p.
- Guillaume, J. 1997. Protein and amino acids. En: D'Abramo, L. R., Conklin, D.E., Akiyama, D.E. (Eds.). *Crustacean Nutrition*. World Aquaculture Society. Baton Rouge. 26-50p.
- Hardy, R.W. 2001. Nuevos descubrimientos en ingredientes de alimentos para uso acuícola y el potencial de las enzimas suplementarias. *Panorama Acuícola* Enero/Febrero. 6(2):24-25p.

- Hari, B.; Kurup, M.; Varghese, J.T.; Schrama, J.W.; Verdegem, M.C.J. 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture*. 241:179-194p.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.07.002>
- Hernández, J.A. 2016. Caracterización de la calidad de agua en un Sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *L. vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado. Tesis para obtener el grado de magister en Ciencias: Uso, manejo y preservación de los recursos naturales con orientación en acuicultura. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S. C. 119p.
- Herreid, C.F. 1980. Hypoxia in invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.* 67(A): 311-320p.
- Hertrampf, J.W. y Piedad-Pascual, F. 2000. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic Publishers. 211-215p
- Hirono, Y. 1983. Preliminary Report on Shrimp Culture Activities in Ecuador. *Journal of the World Mariculture Society*. 14:451-457p.
- Huet, M. 1978. Tratado de piscicultura. Madrid, España. Edit. Mundi Prensa.
- Ibarra, A. 2019. Nuevos usos para el concentrado de solubles de pescado como agente inmunoestimulante y de crecimiento en organismos modelos vivos. Lima. CITEacuícola UPCH. 19p.
- Jiang, D.; Lawrence, A.L; Neill, W.H.; Gong, H. 2000. Effects of temperature and salinity on nitrogenous excretion by *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 253:193-209p.
- Kir, M.; Kumlu, M. 2006. Acute toxicity of ammonia to *Penaeus semisulcatus* post larvae in relation to salinity. *Journal of the World Aquaculture Society*. 37(2):231-235p.
- Kir, M.; Kumlu, M. 2008. Effect of temperature and salinity on low thermal tolerance of *Penaeus semisulcatus* (Decapoda: Penaeidae). *Aquaculture Research* 39: 1101- 1106p.
- Koprucu, K.; Ozdemir, Y. 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients

- for Niletilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 250:308-316p.
- Krummenauer, D. 2011. Superintensive culture of white shrimp. *Litopenaeus vannamei*, in a biofloc technology system in Southern Brazil at different stocking densities. *Journal of the World Aquaculture Society*. 42:726-733p.
- Kumlu, M.; Turkmen, S. 2010. Combined effects of temperature and salinity on critical thermal minima of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae). *Journal of Thermal Biology*. 25: 302-304p.
- Le, Y.; Shigui, J.; Xiaoming, Z.; Qibing, Y.; Weigeng, W.; Kaichang, W. 2009. Effects of salinity on growth model to phytoplankton management in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) ponds in Hawaii. *Aquaculture*. 24: 94-10p.
- Lee, P.G.; Lawrence, A.L. 1997. Digestibility. In: D'Abramo, L. R., Conklin D. E., Akiyama, D. E. (eds.) *Crustacean nutrition*. World Aquaculture Society, BatonRouge, LA, USA. 194-260p.
- Lemos D.; Coelho, R.; Zwart, S.; Tacón A.G.J. 2021. Performance and digestibility of inorganic phosphates in diets for juvenile shrimp (*Litopenaeus vannamei*): dicalcium phosphate, monocalcium phosphate, and monoammonium phosphate. *Aquaculture International*. 29(2): 681-695p.
<https://doi.org/10.1007/s10499-021-00651-3>
- Li Meng, H.; Robinson, E.H.; Hardy, R.W. 2000. Protein Sources for feeds. En: *Encyclopedia of aquaculture*. John Wiley & Sons. Inc. (Eds.). 688-694p.
- Limsuwam, C. 2009. Experiencias en el cultivo del camarón blanco en Tailandia. *Aquaculture Business Research Center*. Faculty of Fisheries. Kasersart University. *Boletín Nicovita*. 6p.
- Lin, Y.C.; Chen, J.C. 2001. Acute toxicity of ammonia on *Litopenaeus vannamei* Boone juveniles at different salinity levels. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 259:109-119p.
- Lotz, J.M. 1997. Disease control and pathogen status assurance in an SPF-based shrimp aquaculture industry, with reference to the United States. In: T.W. Flegel; MacRae, I.H. (eds.). *Diseases in Asian Aquaculture III*. Fish Health Section. Manila, Asian Fisheries Society. 243-254p.

- Madrid, A.; Madrid, J.; Madrid, R. 1995. Piensos, harinas, aceites y concentrados proteínicos de pescado. En: Piensos y alimentos para animales. Capítulo 4. Mundi-Prenda Libros, Madrid, España. 35-56p.
- Martínez, E.; Membreño, L.; Morales, S. 2014. Crecimiento de camarones blancos *Litopenaeus vannamei* en juveniles con dos tipos de alimentos: uno comercial con 25% de proteína vs experimental con 18% de proteína a densidad de siembra de 12ind/m².
http://revista.unanleon.edu.ni/index.php/universitas/article/download/72/pdf_7.
- Martínez, L.R. 1999. Cultivo de camarones peneidos: Principios y prácticas. Edit. 283p.
- Martinez-Cordova, L.R.; Villarreal-Colmenares, H.; Porchas-Cornejo, M.A.; Naranjo- Paramo, J.; Aragon-Noriega, A. 1997. Effect of aeration rate on growth, survival, and yield of white shrimp *Penaeus vannamei* in low water exchange ponds. *Aquaculture Engineering*. 16:85-90p.
[https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(96\)01010-2](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(96)01010-2)
- Mayer, E. 2012. Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones y peces Aquafeed International.
<http://www.aquafeed.co/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del-estanque-para-mejorar-laproduccion-de-camarones-y-peces/>
- McGraw, W.; Scarpa, J. 2002. Determining ion concentrations for *Litopenaeus vannamei* juveniles. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 253: 193-209p.
- McIntosh, R.P.; Drennan, D.P.; Bowen, B.M. 1999. Belize aquaculture: Development of an intensive sustainable, environmentally friendly shrimp farm in Belize. In: Green, B.W.; Clifford, H.C.; McNamara, M.; Montañó (Eds). V. Central American Symposium on Aquaculture, Latin American Chapter of the World Aquaculture Society. 85-89p. Molina, C.; Villarreal, H. 2008. Estrategias en la etapa de engorda del camarón. La Paz (Eds). Baja California Sur. 84-90p.
- Mirzaei, N.; Mousavi, S.M.; Yavari, V.; Souri, M.; Pasha-Zanoosi, H.; Rezaie, A.

2020. Quality assessment of *Litopenaeus vannamei* postlarvae produced in some commercial shrimp hatcheries of Choubdeh Abadan, Iran. *Aquaculture*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735708>
- Molina, C.; Villarreal, H. 2008. Estrategias de alimentación en la etapa de engorda del camarón. La Paz, B.C.S. (Eds.) optimización de alimentos y estrategias de alimentación para una camaronicultura sustentable. México. 130p.
- Moriarty, D.J.W. 1997. The role of microorganism in aquaculture ponds. *Aquaculture* 151(1-4):333-349p.
- Okomoda, V.T.; Ikhwanuddin, M.; Oladimeji, A.S.; Najiah, M.; Alabi, K.I.; Abd Salam, A.I.; Jauhari, I.; Kasan, N.A. 2022. Rearing water quality and zootechnical parameters of *Litopenaeus vannamei* in rapid Biofloc® and conventional intensive culture system. *Journal of King Saud University – Science*. 34(1) 1018-3647p. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101729>.
- Ortiz, D. 2003. Elaboración de harina de pescado. Tesis de Licenciado en Tecnología de Alimentos. Buenos Aires. Universidad Católica Argentina. 137p.
- Otoshi, C.A.; Arce, S.M.; Shaun, M.M. 2003. Growth and reproductive performance of broodstock shrimp reared in a biosecure recirculating aquaculture system versus a flow-through pond. *Aquaculture Engineering*. 29: 93-107p. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(03\)00048-7](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(03)00048-7)
- Paquotte, P.; Chim, L.; Martin, J.; Lemos, E.; Stern, M.; Tosta, G. 1998. Intensive culture of shrimp *Penaeus vannamei* in floating cages: zootechnical, economic and environmental aspects. *Aquaculture*. 164: 151-166p.
- Pedrazzoli, A.; Molina, C.; Montoya, N.; Townsend, S.; Leon-Hing, A.; Paredes, Y.; Calderon, J., 1998. Recent advances on nutrition research of *Penaeus vannamei* in Ecuador. *Reviews of Fisheries Science*. 61: 143-151p.
- Pérez, M.; Gonzáles, M.L; Jaimes, F.; Martínez, L.R.; Trujillo, D.A. 2007. Investigation of the effects of salinity and dietary protein level on growth and survival of Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*.

38(4):475-485p.

- Pérez-Farfante, I; Kensley, B. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera. Mémoires du Museum national d' Histoire naturelle, París. 175: 1-234p.
- Pizardi, C. 1992. Producción de harinas especiales. Seminario: Tecnología moderna en la elaboración de harina de pescado. Colegio de Ingenieros del Perú.
- Ponce-Palafox, J.C.; Martínez, C.A.; Ross, L.G. 1997. The effects of salinity and temperature growth and survival rates of juvenile white shrimp *Penaeus vannamei* Boone 1931. Aquaculture. 157: 107-115p.
- Ray, A.J.; Dillon, K.S.; Lotz, J.M. 2011. Water quality dynamics and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production in intensive, mesohaline culture systems with two levels of bioflox management. Aquacultural Engineering. 4:127-136p.
- Ricker, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistic of fish population. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. 191:1-382p.
- Roque M.; Urey, E.; Sequeira, E.; Martínez, E. 2015. Evaluación del crecimiento de *Litopenaeus vannamei* cultivados a tres densidades de siembra. Revista Científica de la UNAN-León.
<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9QVwzOdv4IQJ:revista.unanleon.edu.ni/index.php/universitas/article/view/111&num=1&hl=es&gl=pe&stri p=0&vwsrc=0>
- Rosas, C.; Martínez, E.; Gaxiola, G.; Díaz, E.; Brito, R.; Soto, L. 1998. Effect of dissolved oxygen on the energy balance and survival of *Penaeus setiferus* juveniles. Mar Ecol. Prog. Ser. 174: 67-75p.
- Rosas, C.; Cuzon, G.; Gaxiola, G.; Le Priol, Y.; Pascual, C.; Rossignol, J.; Contreras, F.; Sánchez, A.; Van Wormhoudt, A. 2001. Metabolism and growth of juveniles of *Litopenaeus vannamei*: effect of salinity and dietary carbohydrate levels. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 259:1-22p.
- Rosenberry, B. 2002. World shrimp farming 2002. Shrimp News International. 276p.

- Roy, A.L.; Davis, A.D.; Saoud, P.I.; Henry, P.R. 2007. Effects of varying levels of aqueous potassium and magnesium on survival, growth, and respiration of the pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared in low salinity water. *Aquaculture*. 262: 461-469p.
- Saldarriaga, D. 1995. Acondicionamiento y manejo de estanques de langostino. Universidad Nacional de Tumbes. Tumbes, Perú. 67p.
- Samocha, T.; Davis, D.A.; Saoud, I.P.; DeBault, K. 2004. Substitution of fish meal by coextruded soybean poultry by-product meal in practical diets for the Pacific whiteshrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*. 231: 197-203p.
- Sampaio, L.A.; Wasielesky, W.; Miranda-Filho, K.C. 2002. Effect of salinity on acute toxicity of ammonia and nitrite to juvenile *Mugil platanus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 68:668-674p.
DOI: 10.1007/s001280306
- Seidman E.R.; Lawrence, A.L. 1985. Growth, feed digestibility, and proximate body composition of juvenile *Penaeus vannamei* and *Penaeus monodon* grown at different and dissolved oxygen levels. *J. World Maricul. Soc.* 16: 333-346p.
- Sgnaulin, T.; de Mello, G.L.; Thomas, M.C.; García, J.; de Oca, G.; Emerenciano, M. 2018. Biofloc technology (BFT): an alternative, aquaculture system for Pircañuba *Brycon orbignyanus*. *Aquaculture* 485: 119-123p.
- Siccardi III, A.; Lawrence, L.; Gatlin III, D. M.; Castille, F. L.; Perez-Velazquez, M.; González-Félix, M. 2006. Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca de ingredientes utilizados en alimentos balanceados para el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. En: Cruz Suárez, E., Ricque, D., Tapia, M., Nieto López, M., Villareal, D., Puello, A., García, A. (eds.) Avances en nutrición acuícola VIII. VIII Simposium internacional de nutrición acuícola. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
- Silva, S.C.; Regnault, M. 1980. Induction of degranulation and lysis of hemocytes in the freshwater crayfish *Astacus astacus* by components of the prophenoloxidase activating system in vitro. *Cell Tissue Res.* 233: 295-303p.
- Solano, G.W. 2003. Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad del agua y la

- producción de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas salobres. Tesis para obtener el grado de magister en Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.
- Spotte, S.H. 1970. Fish and invertebrate culture. Water management in closed systems. John Wiley & Sons. USA. 179p.
<https://doi.org/10.4319/lo.1971.16.6.1005>
- Stickney, R. 2000. Shrimp Culture. Encyclopedia of Aquaculture. John Wiley & Sons, Inc. Texas Sea Grant College Program. USA. 799-867p
- Streets, T.H. 1871. Descriptions of five new species of Crustacea from Mexico. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 225-227p.
- Tacon, A.G.J. 1996. Nutritional studies in crustaceans and the problems of applying research findings to practical farming systems. Aquaculture Nutrition. 1:165-174p.
- Tacon, A.G.J. 2002. Thematic Review of Feeds and Feed Management Practices in Shrimp Aquaculture. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment. Work in Progress for Public Published by the Consortium. 69p.
- Talavera, V. 1997. Interrelaciones de la temperatura, oxígeno y amoníaco tóxico en el cultivo de camarón en Tumbes.
http://www.nicovita.com/extranet/Boletines/ago_97_02.pdf.
- Talavera, V.; Sánchez, D.; Zapata, M. 2005. Alimentación en el cultivo del camarón. Manual del cultivo de camarón. Tumbes.
- Terrazas, M. 2010. Digestibilidad aparente in vivo de materia seca, proteína y aminoácidos de ingredientes de origen marino y terrestre, y su aplicación para el estudio de requerimientos nutricionales en juveniles de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis para obtener el grado de doctor en ciencias.
- Valverde, J.; Alfaro, Jorge. 2015. Crecimiento compensatorio y producción en las fases de pre cría, pre engorde y engorde comercial del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en Costa Rica. Revista Mar. Cost. 7: 99-105p
- Venkateswarlu, V.; Seshaiyah, P.; Arun, P.; Behra, P. 2019. A study on water quality

- parameters in shrimp *L. Vannamei* semi-intensive grow out culture farms in coastal districts of Andhra Pradesh, India. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 7(4): 394-399p.
- Villareal, H.; Hinojosa, P.; Naranjo, J. 1994. Effect of temperature and oxygen consumption of laboratory produced *Penaeus vannamei* post larvae. *Comp. Biochem. Physiol.* 108A. 331-336p.
- Vinatea, L.; Gálvez, A.O.; Browdy, C.L.; Stokes, A.; Venero, J.; Haveman, J.; Lewis, B.L.; Lawson, A.; Shuler, A.; Leffler, J.W. 2010. Photosynthesis, water respiration and growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a super-intensive raceway culture with zero water exchange: Interaction of water quality variables. *Aquacultural Engineering*. 42:17-24p.
- Wootton, R.F. 1991. Ecology of teleost fishes. *Fish and Fisheries. Series I*. Chapman and Hall. 2-6 Bodary Row. 404p.
- Wu, R.S. 2002. Hypoxia: From molecular responses to ecosystem responses. *Marine Pollution Bulletin*. 45: 35-45p.
- Wyban, J. A.; Sweeney, J. N. 1991. Intensive shrimp production technology: the Oceanic Institute shrimp manual. High Health Aquaculture Inc. 158p
- Xu, W.J.; Morris, T.C.; Samocha, T.M. 2016. Effects of C/N ratios on bioflocs development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a bioflocs -based, high density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*. 453:169-175p
- Yusoff, F.M.; Zubaidah, M.S.; Matias, H.B.; Kwan, T.S. 2002. Phytoplankton succession in intensive marine shrimp cultured ponds treated with a commercial bacterial product. *Aquaculture Research*. 33:269-278p.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

Análisis químico proximal de la dieta referencia “La Molina”

INSUMO	CANTIDAD
Materia seca (%)	90.19
Proteína (%)	36.00
Fibra (%)	2.02
Grasa (%)	7.00
Ed. Truchas (Mcal mg ⁻¹)	3.69
Lisina (%)	2.26
Metionina (%)	0.78
Arginina (%)	2.19
Histidina (%)	0.85
Fenilalanina (%)	1.61
Treonina (%)	1.36
Triptofano (%)	0.44
Valina (%)	1.79
Met. +Cist. (%)	1.22
Ac. Gs. N-3 (%)	1.43
Ac. Gs. N-6 (%)	1.50
Fosf. Total (%)	1.09
Calcio (%)	1.22
Sodio (%)	0.30

ANEXO 2

Análisis químico proximal del concentrado soluble de pescado (Lote 1366)

ANÁLISIS PROXIMAL DEL CSP	PESQUERA DIAMANTE	BUREAU VERITAS
Humedad (%)	2.87	2.87
Grasa (%)	0.02	0.02
Sólidos (%)	97.11	
SST (%)	7.50	
Cenizas (%)	24.36	24.36
Proteína (%)	72.83	72.83
Proteína soluble (%)	97.05	97.05
Cloruros (%)	12.29	
TBVN (mg/100g)	225.00	225
Histamina (ppm)	96.00	96
Digestibilidad	99.2	

ANEXO 3

Perfil de aminoácidos del concentrado soluble de pescado (Lote 1366)

PERFIL DE AMINOÁCIDOS	VALOR	PERFIL DE AMINOÁCIDOS	VALOR
Alanina (Method) (mg 100g ⁻¹)	5300	Arginina (Method) (mg 100g ⁻¹)	6250
Ácido aspártico (Method) (mg100g ⁻¹)	15630	Cistina (Method) (mg 100g ⁻¹)	610
Ácido glutámico (Method) (mg 100g ⁻¹)	15800	Glicina (Method) (mg 100g ⁻¹)	4890
Histidina (Method) (mg 100g ⁻¹)	460	Hidroxiprolina (Method) (mg 100g ⁻¹)	<100
Isoleucina (Method) (mg 100g ⁻¹)	2200	Leucina (Method) (mg 100g ⁻¹)	2660
Lisina (Method) (mg 100g ⁻¹)	2360	Metionina (Method) (mg 100g ⁻¹)	1450
Fenilalanina (Method) (mg 100g ⁻¹)	2500	Prolina (Method) (mg 100g ⁻¹)	2110
Proteína AOAC 990.03/992.23/992.15 (LECO) (%)	73.19	Serina (Method) (mg 100g ⁻¹)	2660
Treonina (Method) (mg 100g ⁻¹)	2830	Triptofano (Method) (mg 100g ⁻¹)	400
Tirosina (Method) (mg 100g ⁻¹)	930	Valina (Method) (mg 100g ⁻¹)	4200