



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

Modalidad Artículo Académico

Tema:

Evaluación nutricional y productiva de tres dietas comerciales en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, (Boone, 1931) cultivado en sistemas RAS: Efectos sobre el crecimiento y la supervivencia.

Autores:

López Mera Diego Steven
Sornoza Chávez Johan Joel

Tutor:

Blgo. Eduardo Xavier Pico Lozano, Ph.D.

Periodo:

2025(2)

Declaración de autoría

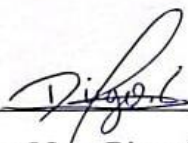
Nosotros, López Mera Diego Steven y Sornoza Chávez Johan Joel declaramos que hemos contribuido a la realización del trabajo de titulación bajo la modalidad de Artículo Académico previo a la obtención del título de Biólogo, con tema:

Evaluación nutricional y productiva de tres dietas comerciales en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, (Boone, 1931) cultivado en sistemas RAS: Efectos sobre el crecimiento y la supervivencia.

Hemos revisado la versión final del manuscrito y aprobamos su presentación para su publicación. También garantizamos que este trabajo es original, no ha sido publicado previamente y no está bajo consideración para su publicación en otro lugar.

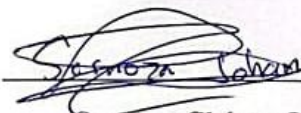
Además, declaramos que no tenemos conflictos de interés en relación con este trabajo.

Firmas:



Lopez Mera Diego Steven

CI: 1317153599



Sornoza Chávez Johan Joel

CI: 1315258200

Manta, Manabí, Ecuador

Viernes, 5 de Junio del 2026

 Uleam ELOY ALFARO DE MANABÍ	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la carrera de Biología de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **LOPEZ MERA DIEGO STEVEN**, legalmente matriculado/a en la carrera de biología, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es "**Evaluación nutricional y productiva de tres dietas comerciales en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, (Boone, 1931) cultivado en sistemas RAS: Efectos sobre el crecimiento y la supervivencia**".

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 19 de enero de 2026.

Lo certifico,



Dr. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD.

Docente Tutor

Área: Grupo de Investigación BioCal (Biotecnología y Calidad)

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la carrera de Biología de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante **SORNOZA CHAVEZ JOHAN JOEL**, legalmente matriculado/a en la carrera de biología, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto o núcleo problémico es **“Evaluación nutricional y productiva de tres dietas comerciales en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, (Boone, 1931) cultivado en sistemas RAS: Efectos sobre el crecimiento y la supervivencia”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Lugar, 19 de enero de 2026.

Lo certifico,



Dr. Eduardo Xavier Pico Lozano, PhD.

Docente Tutor

Área: Grupo de Investigación BioCal (Biotecnología y Calidad)

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar, a Dios, por ser mi guía constante, por darme la fortaleza en los momentos difíciles y por permitirme llegar hasta aquí.

A mis padres, por su amor incondicional, sus sacrificios y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la perseverancia. Este logro es tan mío como suyos.

A mi familia, por estar presente, por sus palabras de aliento y por creer en mí cuando más lo necesitaba.

A mis amigos verdaderos, que con su apoyo, compañía y comprensión, hicieron más llevadero este camino.

Y finalmente, a mí mismo, por no rendirme, por seguir adelante a pesar de las dificultades y por confiar en que todo esfuerzo tiene su recompensa.

Evaluación nutricional y productiva de tres dietas comerciales en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, (Boone, 1931) cultivado en sistemas RAS: Efectos sobre el crecimiento y la supervivencia

Sornoza Chávez Johan Joel¹; López Mera Diego Steven¹

Eduardo Xavier Pico Lozano¹

¹Grupo de investigación BIOCAL, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias de la Vida y tecnologías, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

Correo: e1317153599@live.uleam.edu.ec ; e1315258200@live.uleam.edu.ec

Resumen

Se evaluó el desempeño productivo de tres dietas comerciales (Nicovita®, Skretting® y Cargill®) en juveniles de *Litopenaeus vannamei* cultivados en un sistema de recirculación acuícola (RAS) durante 72 días. El diseño experimental incluyó seis tanques experimentales (dos réplicas por dieta), bajo condiciones ambientales controladas y estables (temperatura mayoritariamente entre 27–31 °C, oxígeno disuelto >5 mg L⁻¹ y pH estable). Se registraron peso y longitud promedio en muestreos periódicos, así como supervivencia final por tratamiento. El análisis estadístico (ANOVA de una vía) no mostró diferencias significativas en peso ni longitud final entre dietas ($p>0.05$); sin embargo, se observaron tendencias biológicas consistentes. Nicovita presentó los mayores valores de crecimiento (hasta 7.52 g y 10.91 cm), Skretting mostró un desempeño intermedio y estable, mientras que Cargill alcanzó los valores más altos de supervivencia (85–89%), aunque con menor crecimiento. La estabilidad térmica del RAS permitió atribuir las variaciones observadas principalmente al efecto de la dieta. Los resultados indican que las dietas no son biológicamente equivalentes y que su selección influye diferencialmente en crecimiento y supervivencia del camarón blanco bajo sistemas RAS. Estos hallazgos son relevantes para la toma de decisiones productivas en cultivos intensivos, aunque se recomienda incrementar el número de réplicas para fortalecer la inferencia estadística

Palabras clave:

Litopenaeus vannamei; sistemas RAS; dietas comerciales; crecimiento; supervivencia.

Nutritional and Productive Evaluation of Three Commercial Diets in Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) Cultured in RAS Systems: Effects on Growth and Survival

Abstract

The productive performance of three commercial diets (Nicovita®, Skretting® and Cargill®) was evaluated in juvenile *Litopenaeus vannamei* cultured in a recirculating aquaculture system (RAS) for 72 days. The experimental design included six culture tanks (two replicates per diet) operated under controlled and stable environmental conditions (temperature predominantly between 27–31 °C, dissolved oxygen >5 mg L⁻¹, and stable pH). Average weight and total length were recorded through periodic samplings, and final survival was determined for each treatment. One-way ANOVA showed no statistically significant differences in final weight or length among diets ($p>0.05$); however, clear biological trends were observed. Nicovita promoted the highest growth values (up to 7.52 g and 10.91 cm), Skretting showed intermediate and consistent performance, while Cargill achieved the highest survival rates (85–89%), although with lower growth. The thermal stability of the RAS allowed the observed differences to be mainly attributed to dietary effects. These results indicate that the diets are not biologically equivalent and that diet selection differentially affects growth and survival of Pacific white shrimp cultured in RAS. The findings are relevant for productive decision-making in intensive systems, although increasing the number of replicates is recommended to strengthen statistical inference.

Keywords:

Litopenaeus vannamei; RAS systems; commercial diets; growth; survival.

INTRODUCCIÓN

El camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* constituye la especie eje de la camaronicultura mundial por su plasticidad fisiológica, rápido crecimiento y elevada eficiencia en la conversión de nutrientes cuando es manejado en sistemas intensivos (FAO, 2022; Nunes & Parsons, 2022). En la última década, la expansión de la producción se ha sostenido en dos factores interdependientes: el perfeccionamiento de las estrategias nutricionales sustentadas en piensos balanceados de formulación avanzada y la adopción de tecnologías de cultivo con alto control ambiental, entre las que destacan los sistemas de recirculación acuícola (RAS, por sus siglas en inglés) (Martins et al., 2010; Davidson et al., 2016). La conjunción de ambos elementos define el desempeño productivo de los lotes en variables como ganancia de peso, tasa de crecimiento específico (SGR), uniformidad, factor de condición, supervivencia y, en última instancia, rentabilidad y sostenibilidad ambiental (Tacon & Metian, 2015; Glencross et al., 2020).

El pilar nutricional en *L. vannamei* descansa en requerimientos de proteína digestible (PD), energía digestible (ED) y balance de aminoácidos, complementados con perfiles de lípidos (incluida la fracción de fosfolípidos), ácidos grasos esenciales de cadena larga, carbohidratos funcionales, vitaminas, minerales y aditivos que modulan digestión, respuesta inmune y microbiota intestinal (NRC, 2011; Li et al., 2007; Gatlin & Li, 2008). Para juveniles cultivados en densidades medias-altas, la literatura reporta dietas comerciales con 30–38% de proteína bruta (PB) y 6–10% de lípidos, con relaciones PD:ED capaces de sostener SGR competitivas y factores de conversión alimenticia (FCR) ≤ 1.6 bajo condiciones de manejo adecuadas (Nunes & Parsons, 2022; Glencross et al., 2020). Más allá del porcentaje de PB, la calidad de la proteína (digestibilidad, proporción de aminoácidos esenciales y fracción soluble) y la inclusión de ingredientes alternativos (harinas/aislados vegetales, subproductos avícolas, concentrados proteicos y coadyuvantes funcionales) determinan el aprovechamiento real de nutrientes y la partición energética entre crecimiento y mantenimiento (Tacon & Metian, 2015; Samocha et al., 2017). La sustitución parcial de harina de pescado, tendencia ineludible por razones de costo y sostenibilidad, exige un cuidadoso ajuste de metionina, lisina, treonina y triptófano, así como el manejo de factores antinutricionales y digestibilidad de carbohidratos (Glencross et al., 2020; Nunes & Parsons, 2022).

Los RAS, por su parte, permiten desacoplar el rendimiento del lote de las variaciones ambientales externas, al tiempo que reducen el uso de agua y la descarga de efluentes (Martins et al., 2010). Mediante filtración mecánica, biofiltración nitrificante, degasificación, control de oxígeno y, cuando procede, fracciones de sólidos finos y carbón activado, los RAS sostienen concentraciones de amonio, nitrito y nitrato dentro de rangos seguros, estabilizando el pH y la alcalinidad y posibilitando bioseguridad reforzada (Summerfelt & Penne, 2008; Davidson et al., 2016). Esta estabilidad ambiental impacta la fisiología del camarón al amortiguar “costes de estrés”, lo que puede traducirse en mayor eficiencia de utilización de proteína para síntesis tisular y, por ende, mejor crecimiento y supervivencia (Boyd & Tucker, 2014; Martins et al., 2010). Sin embargo, la interacción dieta–RAS no es lineal: matrices de ingredientes y aditivos alteran la naturaleza y carga de sólidos, la fracción de materia orgánica biodegradable y la estequiometría de nitrificación, modulando la capacidad del biofiltro y la dinámica de oxígeno disuelto (Crab et al., 2012; Ebeling et al., 2006). En consecuencia, comparar dietas comerciales bajo RAS no solo evalúa el efecto nutricional intrínseco, sino también su “huella operativa” sobre el sistema.

Desde la perspectiva productiva, el crecimiento en *L. vannamei* depende de la relación entre ingestión de alimento ($\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$), digestibilidad/absorción de nutrientes y destinación metabólica de la energía (Li et al., 2007). En la práctica, los manejos establecen raciones iniciales en función del peso promedio y la biomasa estimada, ajustadas por curvas de alimentación, temperatura y observación del consumo (Nunes & Parsons, 2022). La temperatura es un modulador clave del apetito y de la tasa metabólica; en rangos óptimos (aprox. 27–31 °C para juveniles), el crecimiento se maximiza y la eficiencia alimenticia es superior, mientras que extremos térmicos o variabilidad diaria excesiva penalizan el desempeño y aumentan riesgos sanitarios (Boyd & Tucker, 2014; Jiang et al., 2009). El oxígeno disuelto sostiene la oxidación de sustratos y el metabolismo aeróbico; valores mantenidos $>5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ son recomendables en cultivo intensivo, particularmente al pico de demanda posprandial y en horas de mayor temperatura (Boyd & Tucker, 2014). Asimismo, pH (7.5–8.3) y alcalinidad ($120\text{--}180 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ como CaCO_3) estabilizan la nitrificación y evitan oscilaciones acidobásicas que comprometen la fisiología branquial (Ebeling et al., 2006).

La supervivencia sintetiza un conjunto de riesgos: calidad del agua, manejo (clasificaciones, muestreos), patógenos oportunistas y robustez fisiológica modulada por la dieta (Tende & Flegel, 2019; Gatlin & Li, 2008). Ingredientes funcionales—prebióticos, nucleótidos, β -glucanos, fitobioactivos—y micronutrientes clave (vitaminas antioxidantes, minerales traza) pueden fortalecer barreras físicas e inmunidad innata, mejorando tolerancia al estrés y reduciendo susceptibilidad a enfermedades bacterianas (Gatlin & Li, 2008; Samocha et al., 2017). En RAS, la carga microbiana asociada a sólidos finos y biopelículas es distinta a la de estanques abiertos; por ello, la matriz del pienso también condiciona la calidad del efluente interno (partículas fecales, finos de pellet) y, de rebote, la salud del lote (Crab et al., 2012). En síntesis, la evaluación “nutricional y productiva” de dietas comerciales en *L. vannamei* bajo RAS involucra una mirada integral que trasciende el crecimiento: requiere monitorear consumo, FCR, uniformidad de talla, supervivencia y la interacción con la estabilidad del sistema.

En el contexto latinoamericano, y particularmente en Ecuador, la presión por aumentar productividad con menor huella hídrica y mejores índices de bioseguridad ha impulsado la adopción de módulos RAS para fases de pre-engorde y engorde intensivo (Asociación de Productores, 2021; FAO, 2022). Esta transición tecnológica exige evidencia local comparativa entre marcas comerciales de pienso que compiten en el segmento premium/funcional para *L. vannamei*. Dichas formulaciones difieren en fuente proteica, inclusión de atrayentes digestibles, perfil de ácidos grasos, uso de aglutinantes/estabilizantes (resistencia al agua) y paquetes de aditivos (enzimas, prebióticos, inmunoestimulantes), lo cual puede traducirse en diferencias de consumo, digestibilidad aparente y deposición de tejido muscular (Glencross et al., 2020; Nunes & Parsons, 2022). Asimismo, variaciones en la resistencia al desmoronamiento del pellet afectan la fracción de finos y, por tanto, la carga de sólidos al RAS; este detalle es operativo pero crucial para comprender potenciales diferencias en calidad de agua y, en consecuencia, en supervivencia (Davidson et al., 2016).

Evaluar tres dietas comerciales en un RAS estandarizado, con seguimiento de peso y longitud, genera una imagen multidimensional del desempeño. El peso promedio informa sobre la acumulación de biomasa; la longitud total y el factor de condición (K) muestran la proporcionalidad del crecimiento somático; la SGR (expresada como $\% \cdot \text{día}^{-1}$) permite comparar tratamientos independientemente del punto de partida; y la supervivencia

integra la dimensión sanitaria y de manejo (Boyd & Tucker, 2014; Nunes & Parsons, 2022). La interpretación se enriquece al relacionar estas métricas con covariables ambientales (temperatura horaria, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad) y con la programación de raciones ($\text{g} \cdot \text{día}^{-1}$) para aproximarse a la dinámica ingestión-crecimiento. En ausencia de diferencias significativas de calidad de agua entre tratamientos, es razonable atribuir variaciones de crecimiento/SGR a la dieta (nutrición/attractividad/digestibilidad); si, por el contrario, emergen diferencias en TAN, nitrito o en estabilidad de pH/OD, la huella de cada alimento sobre el RAS puede explicar contrastes en desempeño (Ebeling et al., 2006; Martins et al., 2010).

Más allá de los resultados inmediatos, comparar dietas en RAS tiene implicaciones económicas y ambientales. Un alimento con mayor costo unitario puede resultar óptimo si logra menor FCR y mayor supervivencia, elevando la cosecha por tanque y reduciendo la generación de residuos por tonelada producida (Tacon & Metian, 2015). En RAS, una mejor estabilidad de sólidos finos y menores excretas nitrogenadas alivian la carga al biofiltro y reducen el consumo energético de recirculación, impactando la huella de carbono operativa (Davidson et al., 2016). Adicionalmente, dietas que promuevan uniformidad de talla reducen la variabilidad en el proceso de cosecha y clasificación, mejorando la calidad del producto y su presentación comercial (Glencross et al., 2020).

En este marco, el presente estudio se plantea evaluar comparativamente el efecto de tres dietas comerciales sobre el crecimiento y la supervivencia de *L. vannamei* cultivado en un sistema RAS a escala piloto. La hipótesis de trabajo es que, bajo un régimen de manejo homogéneo y condiciones ambientales controladas, existirán diferencias detectables en peso y longitud promedio, SGR y supervivencia entre dietas, atribuibles a sus propiedades nutricionales y funcionales. Se espera, además, que la estabilidad ambiental del RAS (temperatura en rango 27–31 °C, OD >5 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, pH 7.6–8.0 y alcalinidad 120–180 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) minimice el ruido experimental y permita discernir con mayor claridad el efecto de los piensos. La aportación de este trabajo reside en proveer evidencia comparativa aplicable al contexto operativo de módulos RAS para *L. vannamei*, integrando lectura productiva (crecimiento/supervivencia) con lectura operativa (estabilidad ambiental), y ofreciendo criterios para decisiones de compra y ajuste de programas de alimentación en unidades intensivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Diseño experimental

El estudio se realizó durante 72 días (2 de junio al 12 de agosto de 2025) en un sistema de recirculación acuícola (RAS) a escala piloto. Se utilizaron seis tanques experimentales, cada uno asignado a una réplica de una de las tres dietas comerciales evaluadas:

- Nicovita: tanques 1 y 2
- Skretting: tanques 3 y 4
- Cargill: tanques 5 y 6

Se incluyó un tanque adicional (AUX) conectado hidráulicamente al sistema como unidad estabilizadora, pero no fue considerado en ningún análisis.

Cada tanque recibió 100 juveniles de *Litopenaeus vannamei*, para un total de 600 camarones en prueba. La siembra total del sistema fue de 700 individuos, pero solo los 600 correspondientes a los seis tanques experimentales fueron considerados en los análisis.

2. Dietas evaluadas

Se evaluaron tres piensos comerciales formulados para etapas de crecimiento de camarón:

- Nicovita®
- Skretting®
- Cargill®

Cada dieta tuvo dos réplicas independientes durante todo el ensayo. No se mezclaron alimentos ni se realizaron cambios de marcas durante el periodo experimental.

El alimento se administró manualmente, varias veces al día, ajustando la ración según:

- peso promedio del lote
- curva de alimentación
- consumo observado
- tasa diaria registrada (g/día)

3. Sistema de recirculación acuícola (RAS)

El RAS incluyó:

- filtración mecánica
- sedimentación de sólidos
- biofiltración nitrificante
- aireación constante
- control térmico
- suplementación de alcalinidad con CaCO_3

Los parámetros del agua monitoreados fueron:

- temperatura (4 lecturas diarias: 08:00, 12:00, 17:00 y 22:00)
- oxígeno disuelto
- pH
- salinidad
- amonio total (TAN)
- amoníaco no ionizado (NH_3)
- nitrito
- nitrato
- alcalinidad (ppm CaCO_3)

Los valores se mantuvieron en rangos adecuados para *L. vannamei*, sin registrarse eventos críticos que comprometieran la estabilidad del cultivo.

4. Muestreos biométricos

Los muestreos se realizaron en los días de investigación:

Días: 1, 8, 16, 23, 30, 37, 45, 52, 58, 65 y 72

En cada muestreo se registró por tanque utilizando el software Larvia:

- Peso promedio (g)
- Longitud total (cm)

Cada medición representó la media de una submuestra representativa por tanque, manipulada bajo estrés mínimo.

A partir de estos valores se calcularon:

Tasa de crecimiento específico (SGR): $SGR = 100 \times \frac{\ln(W_t) - \ln(W_0)}{t}$

Crecimiento diario: $G = \frac{W_t - W_0}{t}$

Factor de condición (K): $K = 100 \times \frac{W}{L^3}$

5. Mortalidad y supervivencia

Al finalizar el estudio se registró:

- recuento final de individuos por tanque
- cálculo de supervivencia y mortalidad total.

Dieta	Siembra	Cosecha	Supervivencia (%)	Mortalidad absoluta
Nicovita 1	100	72	72%	28
Nicovita 2	100	70	70%	30
Skretting 3	100	75	75%	25
Skretting 4	100	83	83%	17
Cargill 5	100	85	85%	15
Cargill 6	100	89	89%	11

Los valores se utilizaron para análisis comparativos descriptivos entre dietas.

6. Serie temporal de temperatura

La temperatura se midió diariamente a cuatro horas fijas (8h, 12h, 17h, 22h). Las temperaturas fluctuaron entre:

- 24.3 °C (mínimo)
- 32.7 °C (máximo)

La mayor parte del tiempo el sistema se mantuvo en el rango óptimo para *L. vannamei* (27–31 °C).

Estos valores se integraron como parte del análisis ambiental.

7. Análisis estadístico

Dado que cada dieta contó con dos réplicas independientes, el análisis estadístico se realizó agrupando los valores finales de peso y longitud por dieta de la siguiente forma:

Pesos finales por dieta

Nicovita	Tanque 1: 6.92g.	Tanque 2: 7.52g.
Skretting	Tanque 3: 6.72g.	Tanque 4: 6.10g.
Cargill	Tanque 5: 6.18g.	Tanque 6: 5.35g.

Longitudes finales por dieta

Nicovita	Tanque 1: 10.61cm	Tanque 2: 10.91cm
Skretting	Tanque 3: 10.51cm	Tanque 4: 10.08cm
Cargill	Tanque 5: 10.23cm	Tanque 6: 9.76cm

Se aplicó: ANOVA de una vía para comparar dietas - Los análisis se ejecutaron con JASP.

ANOVA para peso final

- $F = 4.45$
- $p = 0.126$

ANOVA para longitud final

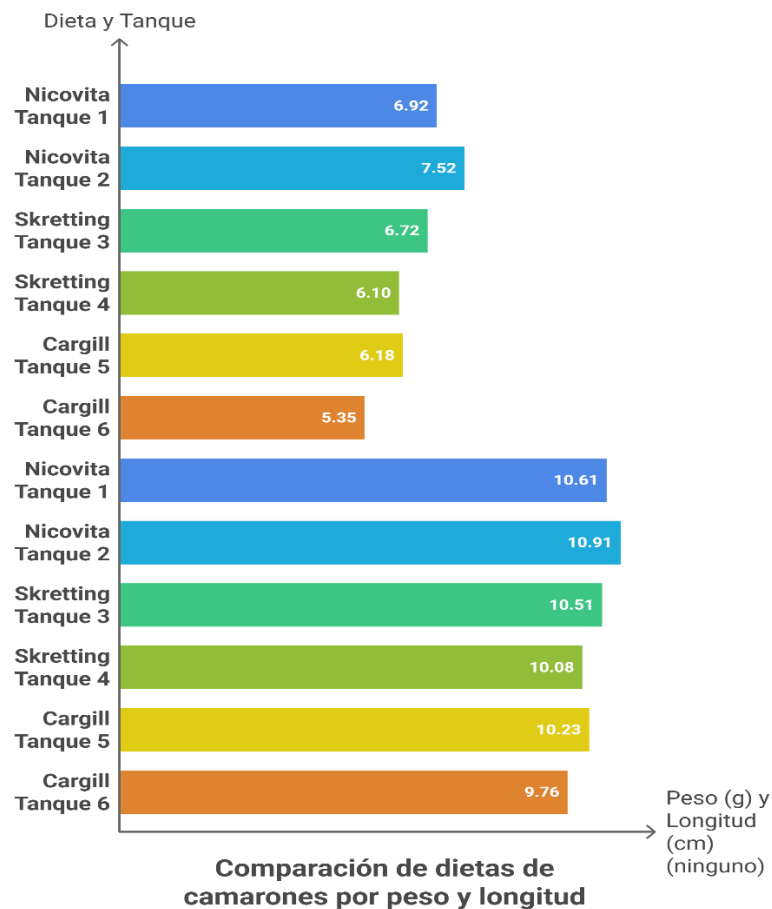
- $F = 3.59$
- $p = 0.160$

Interpretación estadística

- No se detectaron diferencias estadísticas significativas entre dietas ($p > 0.05$).
- Sin embargo, los valores muestran tendencias claras:
 - Nicovita obtiene mayores pesos y longitudes.
 - Cargill obtiene los valores más bajos.
 - Skretting intermedio.

Aunque no se encontraron diferencias significativas por ANOVA, las tendencias biológicas fueron consistentes (Figura 1).

Figura 1: Pesos y Longitudes de los tanques de cultivo



DISCUSIÓN

El desempeño productivo de *Litopenaeus vannamei* en sistemas de recirculación acuícola (RAS) está determinado principalmente por la calidad nutricional de la dieta, la estabilidad ambiental y las características fisiológicas de los organismos. En este estudio, aunque el análisis estadístico no detectó diferencias significativas entre dietas (peso: $p = 0.126$; longitud: $p = 0.160$), se observaron tendencias biológicas claras que revelan diferencias relevantes en el comportamiento productivo de los camarones alimentados con Nicovita, Skretting y Cargill. La ausencia de significancia estadística puede atribuirse al tamaño muestral reducido (dos réplicas por dieta), lo cual limita el poder del ANOVA para detectar efectos que, biológicamente, sí están presentes. Esta situación es común en estudios de acuicultura en RAS, donde la variabilidad entre tanques puede interferir con el análisis inferencial (Martins et al., 2010).

Los camarones alimentados con la dieta Nicovita alcanzaron los mayores valores de peso y longitud final, lo que sugiere una mayor eficiencia nutricional de esta dieta. Este resultado es coherente con la literatura, donde se ha reportado que dietas con mayor estabilidad en agua, mejor digestibilidad proteica y perfiles óptimos de aminoácidos permiten un crecimiento superior en juveniles de *L. vannamei* (Nunes & Parsons, 2022; Glencross et al., 2020). La diferencia entre la réplica de mayor crecimiento (Nicovita 2, 7.52 g) y la menor (Cargill 6, 5.35 g) representa un incremento del 40.5%, lo cual es biológicamente significativo y operacionalmente relevante para la industria. Sin embargo, este contraste no emergió como estadísticamente significativo debido al bajo tamaño de muestra, lo cual puede resultar en una subestimación del efecto real de la dieta (Quinn & Keough, 2002).

En contraste, las dietas Cargill, aunque mostraron menores pesos y longitudes finales, presentaron las tasas de supervivencia más altas (85–89%). Esto sugiere que esta dieta favoreció la estabilidad fisiológica y la tolerancia a las condiciones del cultivo. La supervivencia suele estar influenciada por factores como la calidad del pellet, la fracción de sólidos generados, la energía metabolizable disponible para mantenimiento y la respuesta inmune modulada por micronutrientes y aditivos funcionales (Li et al., 2007; Gatlin & Li, 2008). La mayor supervivencia observada con Cargill, aun en presencia de menor crecimiento, indica un posible equilibrio nutricional favorable para resistencia al estrés, lo cual es especialmente importante en sistemas RAS, donde la acumulación de metabolitos y la interacción con el biofiltro pueden afectar la salud del camarón.

La dieta Skretting mostró un rendimiento intermedio en todas las variables evaluadas. Los valores finales de peso (6.10–6.72 g) y longitud (10.08–10.51 cm) indican consistencia entre réplicas, lo cual es deseable desde una perspectiva productiva. Este comportamiento podría explicarse por formulaciones balanceadas en proteínas y lípidos, combinadas con ingredientes de buena digestibilidad, como lo han reportado estudios previos sobre dietas comerciales premium en crustáceos (Amaya et al., 2012; Davis et al., 2020). Estos resultados posicionan a Skretting como una opción estable para sistemas RAS donde se busca minimizar variabilidad operativa.

La estabilidad térmica observada en el sistema, con temperaturas predominantemente dentro del rango óptimo para la especie (27–31 °C), sugiere que las diferencias observadas en crecimiento no se debieron a estrés térmico, sino exclusivamente al efecto de la dieta. La influencia de la temperatura en el metabolismo del camarón está bien documentada; valores dentro del rango óptimo potencian el crecimiento, mientras que desviaciones importantes reducen la eficiencia alimentaria (Jiang et al., 2009). En este estudio, las variaciones diarias no superaron límites críticos, por lo que el factor térmico no constituye una fuente de ruido experimental.

El análisis estadístico mediante ANOVA reveló valores de *p* superiores a 0.05, pero próximos al umbral, lo que sugiere tendencias diferenciadoras importantes, que probablemente alcanzarían significancia con un mayor número de réplicas. El tamaño muestral es un factor crítico en estudios experimentales con animales acuáticos, especialmente en RAS, donde las unidades experimentales (tanques) son pocas y costosas (Sokal & Rohlf, 2012). Incrementar el número de tanques por dieta (de 2 a 4 o 6) permitiría reducir la varianza entre réplicas y aumentar el poder estadístico del análisis.

Es importante destacar que, aunque el ANOVA no confirmó diferencias significativas entre dietas, el crecimiento acumulado, la longitud final, la supervivencia y las tasas de crecimiento específico muestran patrones consistentes con la literatura, que asocia formulaciones de mayor digestibilidad y mejor perfil aminoacídico con crecimientos superiores (Glencross et al., 2020; Nunes & Parsons, 2022). En sistemas RAS, la dieta también influye en la generación de sólidos y la carga al biofiltro, afectando indirectamente el rendimiento del lote (Davidson et al., 2016). La mayor supervivencia observada en Cargill podría estar relacionada con una menor carga de sólidos o una formulación que reduce el estrés fisiológico.

CONCLUSION

Las dietas evaluadas mostraron diferencias en su desempeño biológico en *Litopenaeus vannamei* cultivado en sistemas RAS. Aunque el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas en peso y longitud final ($p > 0.05$), se observaron tendencias claras que reflejan efectos diferenciados de cada formulación sobre el crecimiento y la supervivencia. La dieta Nicovita destacó por promover el mayor crecimiento, alcanzando los valores más altos de peso y longitud final, lo que sugiere una mayor eficiencia nutricional. En contraste, la dieta Cargill presentó las mayores tasas de supervivencia, indicando un efecto positivo sobre la estabilidad fisiológica de los organismos. Skretting mostró un desempeño intermedio y estable, combinando crecimiento moderado con supervivencias favorables. La estabilidad térmica del sistema permitió atribuir las variaciones observadas principalmente al efecto de la dieta. Si bien el tamaño muestral limitado restringe la inferencia estadística, los patrones identificados son relevantes desde un punto de vista productivo, confirmando que la selección de la dieta influye directamente en el rendimiento del camarón en sistemas RAS.

REFERENCIAS

Amaya, E., Davis, D. A., & Rouse, D. B. (2012). Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 336–337, 48–52. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.12.041>

Badiola, M., Mendiola, D., & Bostock, J. (2018). Recirculating aquaculture systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 83, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2018.07.004>

Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2014). *Handbook for aquaculture water quality*. Craftmaster Printers.

Cabrera, L., Torres, V., & Zambrano, M. (2022). Bioseguridad en el cultivo de camarón: avances y desafíos en Latinoamérica. *Journal of Aquatic Health*, 9(2), 55–68.

Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356–357, 351–356. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.046>

Davidson, J., Good, C., Welsh, C., & Summerfelt, S. (2016). The effects of feeding rate on fish performance, water quality, and hydrodynamics in low-head RAS. *Aquacultural Engineering*, 74, 38–51. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2016.06.001>

Davis, D. A., Roy, L. A., & Saoud, I. P. (2020). Nutrition and feeding practices in shrimp aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), 925–941. <https://doi.org/10.1111/raq.12356>

Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J. (2006). Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, heterotrophic and chemoautotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture*, 257(1–4), 346–358. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>

FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/publications/sofia>

Gatlin, D. M., & Li, P. (2008). Nucleotide nutrition in fish and shrimp: A review. *Aquaculture Research*, 39(5), 418–434. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.01905.x>

Glencross, B., Booth, M., & Allan, G. (2020). A feed is only as good as its ingredients—A review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 26(S1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/anu.13041>

Jiang, S., Chen, L., Qin, J., Ye, J., & Li, E. (2009). Effects of temperature on growth and metabolism of juvenile *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 287(3–4), 349–353. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.047>

Li, P., Mai, K., Trushenski, J., & Wu, G. (2007). New developments in fish amino acid nutrition: Towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, 37, 43–53. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0171-1>

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., d'Orbcastel, E. R., & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83–93.

New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>

NRC (National Research Council). (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13039>

Nunes, A. J. P., & Parsons, G. J. (2022). Feeds and feeding practices for farmed shrimp. In D. A. Davis (Ed.), *Feed and feeding practices in aquaculture* (2nd ed., pp. 531–579). Woodhead Publishing/Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822238-4.00015-1>

Quinn, G. P., & Keough, M. J. (2002). *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press.

Samocha, T. M., Prangnell, D. I., Hanson, T., Treece, G., Morris, T. C., & Samocha, K. (2017). Use of alternative ingredients in shrimp feeds. *Aquaculture Reports*, 6, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2017.02.003>

Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (2012). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research* (4th ed.). W. H. Freeman.

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2015). Feed matters: Satisfying the feed demand of aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1), 1–10.

Tende, E. A., & Flegel, T. W. (2019). Shrimp disease in Asia: Now and future. *Journal of the World Aquaculture Society*, 50(1), 1–18.