

Efecto de *Artemia* sp. enriquecida con ácidos grasos sobre el rendimiento de postlarvas de *Penaeus vannamei* Effect of *Artemia* sp. enriched with fatty acids on the performance of *Penaeus vannamei* postlarvae

Melany Dayana Anaguano-Quijia , Yahira Licia Piedrahita Falquez 

Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias del Mar, Santa Elena, Ecuador.

Correspondencia: Melany Dayana Anaguano-Quijia E-mail: melany.anaguanoquijia0872@upse.edu.ec

Artículo original | Original article

Palabras clave

Acuicultura
nutrición larval
lípidos
carbohidrato
crecimiento
supervivencia

RESUMEN | La ausencia de ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) en la dieta del camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) altera su desarrollo, disminuye la capacidad inmunológica y reduce la supervivencia durante las fases iniciales del cultivo larval, lo cual compromete la eficiencia bioeconómica del sistema al aumentar la susceptibilidad frente a agentes infecciosos. Este estudio evaluó el efecto del suministro de *Artemia* sp. enriquecida con ácidos grasos (AEAG) sobre indicadores productivos y composicionales en postlarvas de *P. vannamei*. Se emplearon 45 millones de nauplios distribuidos en 18 unidades experimentales, aplicando dos tratamientos: (1) alimentación con AEAG y (2) *Artemia* sp. sin enriquecer (control), durante un ciclo de cultivo de 18 días. Se calculó el rendimiento por tonelada, la tasa de crecimiento específico (SGR), la composición química proximal, perfil de ácidos grasos y la tasa de supervivencia. Las postlarvas tratadas con AEAG evidenciaron incrementos en el rendimiento (+26,90%), la SGR (+13,60%) y la supervivencia (+21,40%); junto con un patrón bioquímico caracterizado por menor contenido lipídico (-22,19%) y mayor proporción de carbohidratos (+12,02%) y proteínas (+1,30%). Estos hallazgos evidencian una optimización metabólica asociada a una mayor eficiencia en la utilización energética durante la fase larval en condiciones controladas, mejorando la producción y supervivencia de postlarvas de *P. vannamei*.

Keywords

Aquaculture
larval nutrition
lipid
carbohydrate
growth
survival

ABSTRACT | The absence of highly unsaturated fatty acids (HUFAs) in the diet of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) alters its development, decreases its immunological capacity, and reduces survival during the initial stages of larval culture, which compromises the bioeconomic efficiency of the system by increasing susceptibility to infectious agents. This study evaluated the effect of providing *Artemia* sp. enriched with fatty acids (AEAG) on productive and compositional indicators in post-larval *Penaeus vannamei*. A total of 45 million nauplii were used in 18 experimental units, applying two treatments: (1) feeding with AEAG and (2) *Artemia* sp. non-enriched (control), during a culture cycle of 18 days. Yield per ton, specific growth rate (SGR), proximal chemical composition, fatty acid profile, and survival rate were calculated. Postlarvae treated with AEAG showed increases in yield (+26.90%), SGR (+13.64%), and survival (+21.40%); together with a biochemical pattern characterized by lower lipid content (-22.19%) and a higher proportion of carbohydrates (+12.02%) and proteins (+1.30%). These findings demonstrate a metabolic optimization associated with increased efficiency in energy use during the larval phase under controlled conditions, thereby improving the production and survival of *P. vannamei* postlarvae.

INTRODUCCIÓN

La nutrición durante las primeras fases de desarrollo del camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) es un factor determinante para su crecimiento, supervivencia y calidad larval. En particular, los ácidos grasos altamente insaturados (HUFA), como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), desempeñan un papel fundamental en la formación de membranas celulares, la regulación osmótica y la respuesta inmunológica (Adloo *et al.* 2020, Montalvo *et al.* 2022). Sin embargo, los peneidos tienen una capacidad limitada para sintetizar estos compuestos esenciales, por lo que deben ser incorporados exógenamente a través de la dieta (Joshua *et al.* 2022).

En larvicultura, *Artemia* sp. constituye una fuente clave de alimento vivo, utilizada por su valor nutricional y facilidad de enriquecimiento. Diversos estudios han demostrado que el uso de *Artemia* sp. enriquecida con ácidos grasos (AEAG) mejora el rendimiento del cultivo, incrementa la tasa de crecimiento y fortalece la resistencia a enfermedades en postlarvas de *P. vannamei* (Paz *et al.* 2020, Felix *et al.* 2021, Joshua *et al.* 2022, Martínez-Soler *et al.* 2023). A pesar de los avances en la industria camaronera ecuatoriana, aún persiste una limitada implementación de estas prácticas nutricionales, lo que afecta la

eficiencia productiva y sostenibilidad de los sistemas de cultivo (Akbari y Amiri 2023). El uso estratégico de AEAG representa una alternativa viable y sostenible frente al uso excesivo de otros insumos como la harina de pescado (Martínez-Soler *et al.* 2023). Esta práctica no solo mejora el desempeño fisiológico de las larvas, sino que también responde a los desafíos ambientales y económicos que enfrenta el sector acuícola (Samae y Estévez 2025).

La implementación de tecnologías de nutrición optimizada contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico larval y a una mayor rentabilidad (Porto-Fragozo y Rodríguez-Forero 2023), especialmente en sistemas de cultivo intensivo con alta densidad de siembra. La presente investigación parte de la hipótesis de que la *Artemia sp.* enriquecida con ácidos grasos incrementa significativamente el rendimiento y la calidad nutricional de las postlarvas de *P. vannamei*. Por tanto, el objetivo general fue evaluar el efecto de AEAG sobre el rendimiento de postlarvas, a través del análisis del crecimiento, composición química proximal y perfil de ácidos grasos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación y administración de *Artemia sp.*

La *Artemia sp.* utilizada en este ensayo fue decapsulada y cultivada siguiendo el protocolo adaptado del Manual de Larvicultura de Skretting (s.f.), con adecuaciones específicas al sistema operativo del laboratorio Acuatecsa – San Pablo. Para su enriquecimiento, se preparó una mezcla nutricional compuesta por una emulsión lipídica comercial adicionada en una proporción equivalente al 12 % de la biomasa viva sembrada, tal como recomiendan Samae y Estévez (2025). Esta emulsión contenía insumos de origen marino y vegetal: proteína hidrolizada de pescado, gelatina de pescado, harina de calamar, harina de krill, levadura de cerveza y vitellus de *Artemia sp.*, combinados con aditivos comerciales a razón de 6 ppm. Estos últimos incluían ácidos grasos omega-3 y omega-6 (principalmente EPA y DHA), ácidos grasos saturados y monoinsaturados, así como péptidos de pescado de bajo peso molecular (Adloo *et al.* 2020, Joshua *et al.* 2022).

La incorporación de los nutrientes se realizó entre 5 y 6 horas antes de la cosecha para permitir la bioencapsulación activa. Luego, la biomasa fue recolectada, enjuagada y refrigerada en bandejas plásticas hasta su administración. El régimen alimenticio de los dos grupos se ajustó al protocolo establecido por el laboratorio, empleando como dieta base un balanceado comercial (~ 42 % proteína, 10 % lípidos) suministrado cada 3 horas. El primer grupo se complementó cada 12 horas con *Artemia sp.* enriquecida con ácidos grasos (AEAG), mientras que el segundo (control) recibió *Artemia sp.* no enriquecida, manteniendo la misma frecuencia y dosis para ambos tratamientos.

Diseño experimental

Se sembraron 45 millones de nauplios de *P. vannamei* en estadio N5, los cuales fueron distribuidos en 18 tanques de cultivo rectangulares (13 m de largo × 4 m de ancho × 1,5 m de profundidad). La densidad de siembra fue de 165 nauplios por litro, lo cual representa una biomasa inicial total estimada de 39.999.000 organismos. Doce tanques fueron asignados al tratamiento con AEAG + balanceado comercial, y seis tanques al grupo control con *Artemia sp.* no enriquecida + balanceado comercial. El cultivo se mantuvo durante 18 días, hasta alcanzar el estadio postlarva 12 (PL12), bajo supervisión continua siguiendo protocolos validados por Oliveira *et al.* (2023).

Durante el ensayo se ajustaron parámetros fisicoquímicos cada 4 horas: temperatura ($33 \pm 0,6$ °C), salinidad ($32 \pm 1,1$ ‰) y oxígeno disuelto ($5,8 \pm 0,4$ mg/L).

Rendimiento productivo

El rendimiento fue calculado como la relación entre la biomasa final cosechada (expresada en kilogramos) y el volumen total de cultivo (en toneladas), aplicando la fórmula modificada por Ruiz-Monroy y Torres-Jaramillo (2018):

$$\text{Rendimiento (kg/ton)} = \frac{\text{Masa total de cosecha (kg)}}{\text{Volumen total (ton)}}$$

Tasa de crecimiento

Para determinar la tasa de crecimiento específico (SGR), se pesaron muestras representativas desde PL4 hasta PL12. Los datos fueron obtenidos mediante el conteo de postlarvas por gramo vivo (PL/g). Se aplicó la fórmula de Putra *et al.* (2018), basada en el logaritmo natural de la biomasa final (Wt) e inicial ($W0$), dividido por el número de días de cultivo (t):

$$SGR = \left(\frac{\ln(Wt) - \ln(W0)}{t} \right) \times 100$$

Donde: Wt = biomasa final (g); $W0$ = biomasa inicial (g); y t = duración del ensayo en días

Composición química proximal y perfil de ácidos grasos de las postlarvas

Para caracterizar la composición nutricional, se analizaron 100 gramos de biomasa por condición experimental en estadio PL5. Los métodos analíticos aplicados fueron: 1) Humedad: fue determinada a través de Gravimetría por secado a 105 °C (AOAC International, 1996); 2) Cenizas: por incineración en mufla a 550 °C (AOAC International, 1995a); 3) Proteínas: estimada por método Kjeldahl (AOAC International, 1995b); y 4) Lípidos: fueron extraídos según el método de Folch *et al.* (1957) modificado estimando gravimétricamente.

El perfil de ácidos grasos se estableció por cromatografía de gases mediante ésteres metílicos (FAME), siguiendo el protocolo Ce 1b-89 de la AOCS (2017), con cuantificación gravimétrica expresada en % FAME/LT y mg/g.

Tasa de supervivencia

La supervivencia se calculó a partir del conteo directo de individuos al inicio y final del ensayo, usando la fórmula:

$$\text{Supervivencia (\%)} = \left(\frac{\text{Número final de postlarvas}}{\text{Número inicial sembrado}} \right) \times 100$$

Este indicador permitió estimar la viabilidad larval bajo ambas condiciones experimentales, controlando el efecto de factores no nutricionales.

Análisis estadísticos

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar diferencias entre la tasa de crecimiento específico (SGR), el rendimiento, la tasa de supervivencia y el contenido de proteínas, lípidos y proporción de omega-3/HUFA. Previamente, se verificó el cumplimiento de la normalidad de los datos y la homogeneidad de las varianzas mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Bartlett, respectivamente. Posteriormente, se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar asociaciones entre variables productivas y nutricionales, considerándose significativos aquellos resultados con $p < 0,05$ (Sokal y Rohlf 2012).

RESULTADOS

Tasa de supervivencia y rendimiento productivo

La suplementación con AEAG permitió alcanzar una supervivencia del 37,28 %, superando al tratamiento sin enriquecimiento, que obtuvo un 30,70 % (Fig. 1); representando una mejora relativa del 21,40 % ($p = 0,018$).

Durante los 18 días de cultivo, las postlarvas alimentadas con AEAG registraron una producción total de 78,5 kg con un rendimiento de 0.33 kg/ton, mientras que el grupo control obtuvo 31,5 kg derivando en la tasa de producción de 0.26 kg/ton. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p = 0,021$), representando un incremento del 26,90 % en la biomasa entre tratamientos (Fig. 1).

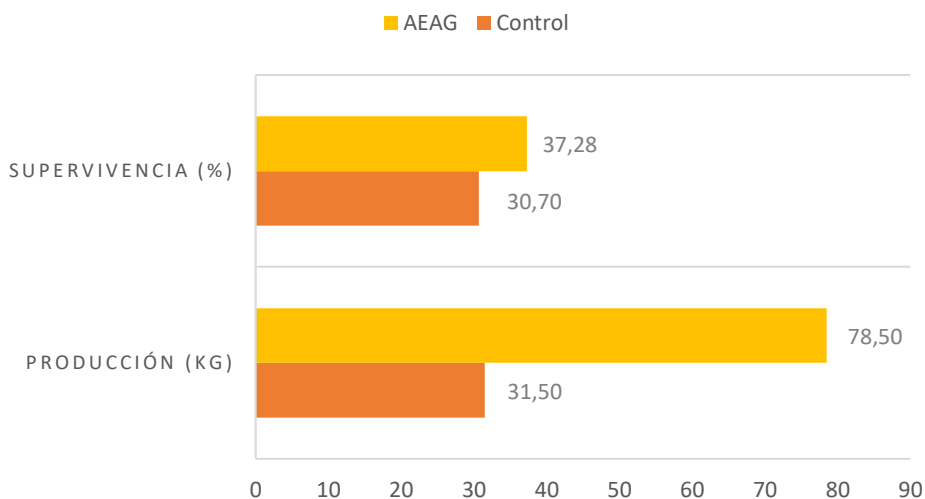


Figura 1. Indicadores productivos de postlarvas de *Penaeus vannamei* alimentadas con AEAG en comparación con *Artemia* sp. no enriquecida (control)

Figure 1. Productive indicators of *Penaeus vannamei* postlarvae fed with AEAG in comparison with non-enriched *Artemia* sp. (control)

Tasa de crecimiento específico (SGR)

Se evidenció una mejora sustancial en el grupo AEAG, con un valor promedio de 15,33 %/día frente al 12,87 %/día del grupo control (p = 0,024), lo que equivale a un aumento del 13,60 %.

Composición química proximal de las postlarvas

Se observaron diferencias en los perfiles bioquímicos de las postlarvas tras el periodo de alimentación. La tabla 1 muestra los valores promedio de cada parámetro.

Tabla 1. Composición química proximal (%) de postlarvas de *Penaeus vannamei* tras 18 días de alimentación complementaria con *Artemia* sp. enriquecida (AEAG) y no enriquecida (control).

Table 1. Proximate chemical composition (%) of *Penaeus vannamei* postlarvae after 18 days of complementary feeding with enriched (AEAG) and non-enriched (control) *Artemia* sp.

Parámetros	Control	AEAG
Proteínas (%)	9,24 ^a	9,36 ^a
Lípidos (%)	7,93 ^a	6,17 ^b
Carbohidratos (%)	56,26 ^a	63,02 ^b
Humedad (%)	84,59 ^a	84,18 ^a
Ceniza (%)	2,55 ^a	2,78 ^b

Las letras distintas como superíndices en los valores horizontales denotan una diferencia significativa (p < 0,05).

Las diferencias estadísticamente significativas de AEAG se observaron en lípidos (-22,19 %; p = 0,041), carbohidratos (+12,02 %; p = 0,036) y ceniza (+9,01 %; p = 0,044). No se registraron diferencias significativas en proteínas (p = 0,313) ni humedad (p = 0,287), aunque sus valores mostraron ligeras variaciones.

Perfil de ácidos grasos de las postlarvas

El análisis de composición lipídica reveló que el alimento complementario influyó la proporción relativa de varios compuestos (Tabla 2). Se encontraron aumentos estadísticamente confirmados en ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), especialmente oleico (18:1n-9), y en ácidos saturados como palmítico (16:0), mientras que los valores de EPA y DHA fueron mayores en el grupo control.

Tabla 2. Perfil lipídico (%FAME y mg/g) de *Penaeus vannamei* alimentadas con AEAG en comparación con *Artemia* sp. no enriquecida
Table 2. Lipid profile (%FAME and mg/g) of *Penaeus vannamei* fed with AEAG compared with non-enriched *Artemia* sp.

Ácido graso	Control (%FAME)	AEAG (%FAME)	p	Control (mg/g)	AEAG (mg/g)	p
16:0 (palmitico)	20,48	23,12	0,039	3,12	3,68	0,041
18:1n-9 (oleico)	17,36	19,88	0,021	2,64	3,16	0,024
20:5n-3 (EPA)	9,31	8,94	0,038	1,42	1,42	0,973
22:6n-3 (DHA)	7,48	6,89	0,046	1,14	1,09	0,051
Total HUFA	18,29	15,84	0,044	2,79	2,68	0,047
Totales MUFA	22,61	25,41	0,036	3,44	4,03	0,040

Correlaciones

Se identificaron relaciones estadísticas significativas entre los indicadores productivos y nutricionales. En particular, la tasa de crecimiento específico (SGR) mostró una correlación positiva con la tasa de supervivencia ($r = 0,78$; $p < 0,05$), lo cual sugiere que una mayor eficiencia en el crecimiento larval se asocia con una mayor viabilidad poblacional (Fig. 2).

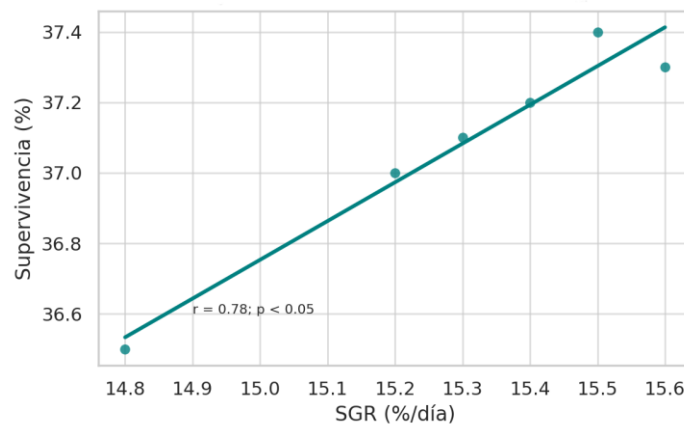


Figura 2. Correlación entre la tasa de crecimiento específico (SGR) y la supervivencia de postlarvas de *Penaeus vannamei*.

Figure 2. Correlation between specific growth rate (SGR) and survival of *Penaeus vannamei* postlarvae.

El contenido de omega-3 presentó una correlación positiva con el rendimiento total ($r = 0,65$; $p < 0,05$), evidenciando que un perfil lipídico enriquecido en HUFA podría potenciar el aprovechamiento energético durante la fase larval (Fig. 3).

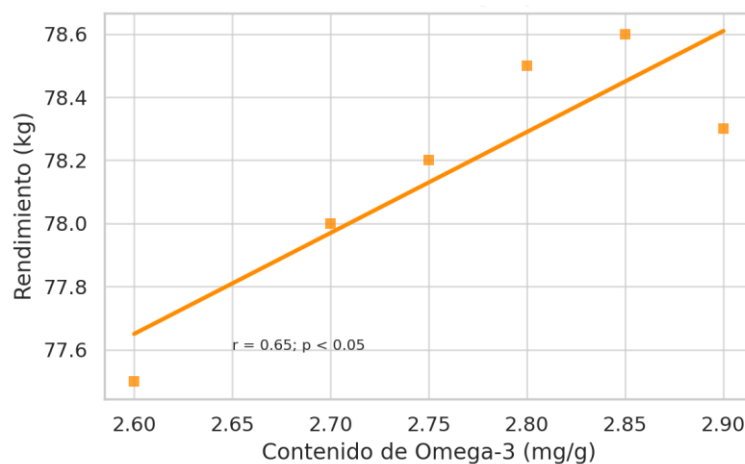


Figura 3. Relación entre el contenido de ácidos grasos omega-3 y el rendimiento productivo de *Penaeus vannamei*

Figure 3. Relationship between omega-3 fatty acid content and productive yield of *Penaeus vannamei*

En contraste, se encontró una correlación negativa entre el contenido total de lípidos en los tejidos y la SGR ($r = -0,54$; $p < 0,05$), lo cual indicaría que a mayor acumulación lipídica, menor eficiencia en el crecimiento diario (Fig. 4).

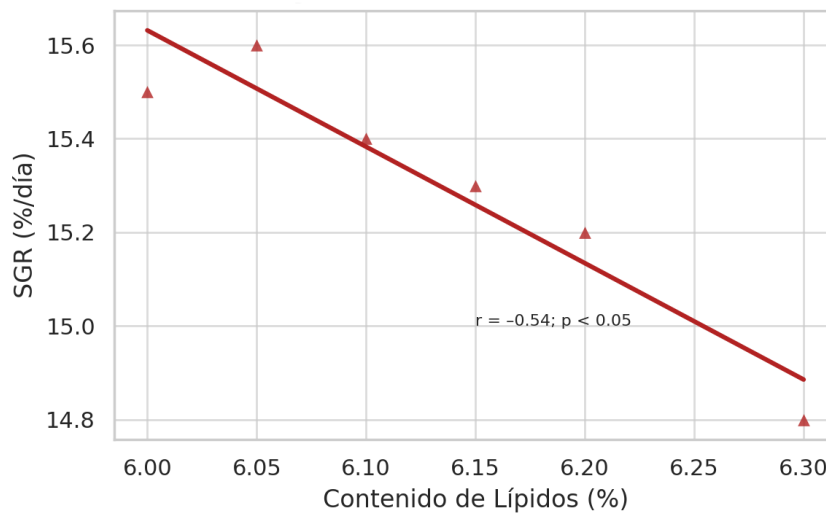


Figura 4. Relación entre el contenido de lípidos y la tasa de crecimiento específico (SGR) en postlarvas
Figure 4. Relationship between lipid content and specific growth rate (SGR) in postlarvae

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos permiten interpretar que la inclusión de los nauplios de *Artemia* sp. enriquecidos por impregnación con ácidos grasos (AEAG) en la dieta de *P. vannamei* incidió de forma positiva en parámetros como el rendimiento, la tasa de crecimiento específico y la supervivencia larval. Este patrón coincide con hallazgos reportados por Villaruel (2024) y Adloo *et al.* (2020), quienes observaron mejoras similares al integrar fuentes lipídicas funcionales en etapas larvianas. En este estudio, se registró un aumento del 26,90 % en la producción total, un 13,60 % en la SGR y un 21,40 % en la supervivencia frente al grupo control; dichos valores permiten argumentar que el enriquecimiento nutricional con ácidos grasos en los nauplios de *Artemia* sp. resulta efectivo bajo condiciones intensivas.

La presencia de EPA y DHA en postlarvas alimentadas con AEAG respalda lo afirmado por Joshua *et al.* (2022), quienes destacan la limitada pero funcional capacidad de elongación y desaturación en *P. vannamei*; esta especie no sintetiza completamente ácidos grasos esenciales, pero puede transformar precursores como el linolénico en formas activas mediante rutas parcialmente eficientes. Este hecho podría justificar la concentración detectada en los tejidos y refuerza la utilidad de suministrar ácidos grasos poliinsaturados mediante alimentos vivos enriquecidos.

Aunque el grupo AEAG presentó ligeras reducciones en EPA (20:5n-3) y DHA (22:6n-3), estos valores pueden interpretarse como evidencia de una mayor utilización metabólica de dichos compuestos durante el crecimiento larval. Esta disminución relativa en los HUFA no refleja una carencia nutricional, sino un ajuste fisiológico, de acuerdo con lo planteado por Gao *et al.* (2021), quienes sostienen que el metabolismo larval modula el consumo lipídico según las exigencias energéticas del entorno. Este comportamiento resulta especialmente revelador si se considera que el módulo experimental operó bajo condiciones adversas: se observó un retraso en la muda de zoea a mysis, acompañado de larvas pequeñas, semillenas, con opacidad, flacidez y signos de bajo desarrollo, posiblemente asociados a condiciones subóptimas durante el cultivo. A pesar de ello, el suministro de alimento enriquecido permitió mantener una viabilidad larval adecuada, lo que refuerza su utilidad como herramienta nutricional eficiente en sistemas intensivos.

El descenso en el contenido lipídico total en las postlarvas AEAG, acompañado por un incremento en carbohidratos y proteínas, sugiere una redistribución metabólica hacia fuentes más accesibles de energía en condiciones de crecimiento acelerado. Montalvo *et al.* (2022) y Samae y Estévez (2025) explican este fenómeno como una modulación del metabolismo larval en función del tipo de lípido exógeno disponible. Bajo esta lógica, el alimento complementario con AEAG habría sido utilizada como fuente energética preferente, más que como reserva estructural, lo cual se alinea con los patrones de absorción registrados.

Estos patrones reflejan una mejora integral en el desempeño zootécnico atribuible al tratamiento con ácidos grasos enriquecidos. A nivel fisiológico, se infiere que un mayor uso de lípidos como fuente energética se traduce en una eficiencia metabólica superior, validando la hipótesis planteada en el diseño experimental. Este planteamiento se sustenta además en el análisis estadístico, que reveló una correlación negativa entre contenido lipídico y tasa de crecimiento, y correlaciones positivas entre SGR, supervivencia y concentración de omega-3.

El uso de AEAG no solo mantuvo la supervivencia, sino que además favoreció un perfil bioquímico más balanceado, un aspecto relevante en fases donde el metabolismo larval se encuentra en expansión. Paz *et al.* (2020) demostraron que la sustitución parcial de *Artemia* sp. por zooplancton enriquecido mejora la tasa de alimentación, el equilibrio osmótico y la inmunocompetencia, sin comprometer el crecimiento. En ese mismo sentido, Martínez-Soler *et al.* (2023) señalaron que la formulación de alimentos funcionales con lípidos específicos mejora la resistencia al estrés ambiental, lo cual resulta especialmente valioso en cultivos intensivos donde la densidad puede alterar la absorción de nutrientes. Por tanto, la incorporación de *Artemia* sp. como vector de HUFA representa una estrategia de optimización metabólica y de mitigación fisiológica.

Aunque se registró una reducción en el contenido total de HUFA y en la relación n-3/n-6 en el grupo AEAG, estos valores se mantuvieron dentro del intervalo funcional para el desarrollo larval, tal como afirman Zhu *et al.* (2023) y Adloo *et al.* (2020). Montalvo *et al.* (2022) encontraron que, bajo esquemas de suplementación específicos, la eficiencia del uso de HUFA puede incrementarse sin requerir altos niveles tisulares.

Cabe destacar que los efectos observados deben analizarse dentro del marco del diseño experimental aplicado, basado en un sistema de cultivo intensivo donde se mantuvo constante el suministro de alimento balanceado comercial, siendo la única variable el tipo de alimento vivo complementario. Esta condición controlada permite atribuir con mayor precisión los efectos metabólicos y productivos al tratamiento experimental implementado.

CONCLUSIONES

La suplementación con nauplios de *Artemia* sp. enriquecidos con ácidos grasos indujo respuestas fisiológicas consistentes con procesos de asimilación mejorada y reordenamiento metabólico en *P. vannamei*; dichas respuestas fueron observadas en los indicadores de crecimiento, composición tisular y estabilidad poblacional. El perfil bioquímico de las postlarvas evidenció una redistribución de macronutrientes hacia rutas anabólicas eficientes; esto se asocia con la incorporación de lípidos estructurados y la presencia de ácidos grasos esenciales en proporciones funcionales. La modificación observada en la relación n-3/n-6 confirma la integración de los compuestos suministrados durante la fase de enriquecimiento.

Desde una perspectiva productiva, los resultados obtenidos validan la implementación de alimentos vivos mejorados mediante técnicas de enriquecimiento exógeno; este procedimiento aporta ventajas específicas en sistemas larvarios controlados, donde el metabolismo larval responde de manera diferenciada al suministro lipídico especializado. La estrategia nutricional planteada en este estudio representa una herramienta aplicable a procesos de optimización en unidades de producción larvaria, siempre que se controlen variables como tiempo de enriquecimiento, densidad de cultivo y estabilidad fisicoquímica del medio.

Declaración de conflicto de interés de los autores

Los autores declaran no tener conflictos de interés relacionados con el presente trabajo.

Declaración de buenas prácticas en el uso de seres vivos

En el presente estudio se garantizaron buenas prácticas en el uso de organismos vivos, asegurando condiciones óptimas de bienestar para las larvas de camarón y artemia, conforme a protocolos éticos establecidos para investigaciones acuícolas. El enriquecimiento con ácidos grasos esenciales se realizó sin comprometer la viabilidad de los organismos, priorizando su manejo responsable. Estas prácticas siguen las recomendaciones de Lavens y Sorgeloos (1996) sobre el uso sostenible de *Artemia* sp. en cultivos larvarios.

Declaración de contribución de autoría

Melany Anaguano: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Metodología, Redacción – borrador original, revisión y edición; Yahira Piedrahita: Revisión y edición.

Agradecimientos

Agradezco a la empresa TEXCUMAR - ACUATECSA por el respaldo brindado durante el desarrollo de esta investigación. A Rafael Verduga y Bernardo García, por el apoyo en términos de financiamiento e infraestructura para la ejecución del estudio. A Freddy Soria por su acompañamiento en el manejo técnico del cultivo.

REFERENCIAS

- Adloo M., Agh N., Salarzade A., Bahri A. (2020). The effect of lipid-enriched *Artemia franciscana* on reproductive performance of broodstock and larval quality of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 19(4):1928-1943. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2019.119528>
- Akbary P., Amiri, J. (2023). Effect of *Litopenaeus vannamei* enriched with *Chaetoceros* sp. Microalgae on growth performance and body chemical composition of *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Aquaculture Sciences* 11(2):74-84. https://www.aquaculturesciences.ir/article_187106_en.html
- AOAC International. (1995a). *Official Method 942.05: Ash of animal feed*. In: *Official methods of analysis of AOAC International*.
- AOAC International. (1995b). *Official Method 984.13: Protein (crude) in animal feed—Copper catalyst Kjeldahl method*. In: *Official methods of analysis of AOAC International*.
- AOAC International. (1996). *Official Method 930.15: Loss on drying (moisture) for feeds (at 135°C for 2 hours)*. In: *Official methods of analysis of AOAC International*.
- AOCS (American Oil Chemists' Society). (2017). *Official Method Ce 1b-89: Fatty acid composition of marine oils by GLC*. In: *Official methods and recommended practices of the AOCS* (8th ed.). AOCS Press.
- Felix S., Menaga M., Mohana Sundari C., Charulatha M., Neelakandan P. (2021). A study on the fatty acid enrichment of *Artemia franciscana* for the healthy rearing of *Penaeus vannamei* post-larvae. *Indian Journal of Animal Research* 55(3):295–302. <https://doi.org/10.18805/IJAR.B-3956>
- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry* 226(1):497–509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5)
- Gao C., Yang J., Hao T., Li J., Sun J. (2021). Reconstruction of *Litopenaeus vannamei* Genome-Scale Metabolic Network Model and Nutritional Requirements Analysis of Different Shrimp Commercial Varieties. *Journal Frontiers in Genetics* 12:6588109. <https://doi.org/10.3389/fgene.2021.658109>
- Joshua W. J., Kamarudin M. S., Ikhsan N., Yusoff F. M., Zulperi Z. (2022). Development of enriched *Artemia* and *Moina* in larviculture of fish and crustaceans: A review. *Latin American Journal of Aquatic Research* 50(2):144–157. <https://doi.org/10.3856/vol50-issue2-fulltext-2840>
- Lavens P., Sorgeloos P. (1996). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper No. 361. FAO, Rome. <https://www.fao.org/3/w3732e/w3732e00.htm>
- Martínez-Soler M., Courtois de Vicose G., Roo-Filgueira J., Zambrano-Sánchez J., Yugcha-Oñate E., Montachana-Chimborazo M., Intriago-Díaz W., Reyes-Abad E., Afonso-López J. M. (2023). Effect of HUFA in enriched *Artemia* on

growth performance, biochemical and fatty acid content, and hepatopancreatic features of *Penaeus vannamei* postlarvae from a commercial shrimp hatchery in Santa Elena, Ecuador. *Aquaculture Nutrition* 2023(1):7343070. <https://doi.org/10.1155/2023/7343070>

Montalvo G., Morones R., Barral-Pintos X., Arenas M., Barreto A., Escalante K., Cuzon G., Gaxiola G. (2022). Metabolic, antioxidant, and immune response of broodstock males of *Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817 fed diets supplemented by vitamin C. *Journal of Crustacean Biology* 42(4):1–12. <https://doi.org/10.1093/jcabi/ruac056>

Oliveira B., Lima A., Silva J., Sousa T., Dantas M., Lacerda O., Diniz L., Romão R. (2023). *Penaeus vannamei* post-larvae growth and economic aspects after hatchery with artemia replacement by commercial feeds. *Aquaculture International* 31(1):261–272. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00973-w>

Paz P., López A., Cárdenas L. (2020). Replacement of *Artemia* spp. with zooplankton in *Penaeus vannamei* larviculture. *Latin American Journal of Aquatic Research* 48(4):700–704. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2020000400700

Porto-Fragozo P., Rodríguez-Forero A. (2023). Fuentes proteicas alternas como sustituto parcial de la harina de pescado en las formulaciones nutricionales del cultivo de camarón (*Penaeus vannamei*). *Orinoquía* 27(2):e-767. <https://doi.org/10.22579/20112629.767>

Putra D., Trisyahdar T., Dewiyanti I., Muhammadar A. (2018). Effect of enhanced *Artemia* with gamat emulsion on growth performance and survival rate of white shrimp *Litopenaeus vannamei* larvae. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 216:012005. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/216/1/012005>

Ruiz-Monroy D., Torres-Jaramillo R. (2018). Evaluación de eficiencia en dos sistemas de alimentación automática para engorde de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en Choluteca, Honduras. Tesis de pregrado, Zamorano, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/items/df85272-9b58-409c-b731-75a9d63969da>

Samae S. M., Estévez A. (2025). Plant oils induce fatty acid plasticity in *Artemia*.—A comparison among newly hatched, starved, and enriched nauplii. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology* 279:111117. <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2025.111117>

Skretting. (s.f.). Manual de Larvicultura. <https://www.skretting.com/siteassets/local-folders/ecuador/libreria-skretting/manual-larvicultura-skretting.pdf?v=496820>

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

Villarroel C. (2024). Comparación de las dietas a base de alimentación natural y comercial en el rendimiento reproductivo de hembras de camarón, *Litopenaeus vannamei*. Tesis de pregrado, Universidad Estatal de la Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/11894>

Zhu W., Dong R., Ge L., Yang Q., Lu N., Li H., Feng Z. (2023). Effects of dietary n-6 polyunsaturated fatty acids (PUFA) composition on growth performances and non-specific immunity in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Reports* 28:101436. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101436>

