

# Mejora del crecimiento, tasa de supervivencia y resistencia al estrés en la cría larvaria y postlarvaria temprana de *Litopenaeus vannamei*

Yathish Ramena, Ravinder S. Sangha, Thomas Bosteels, and Frank Martorana

Entendiendo el impacto benéfico de los regímenes de alimentación de *Artemia franciscana* en un ensayo de campo

## Resumen

En un ensayo de campo, las larvas de *L. vannamei* y las primeras etapas postlarvales (de Zoea I a Post Larvae 5) fueron alimentadas con diferentes niveles de *Artemia* para sustituir total o parcialmente un régimen de alimentación artificial (la "Dieta sin *Artemia*"). Los resultados demostraron mejoras en la supervivencia, el crecimiento y la resistencia al estrés en los camarones alimentados con niveles cada vez más altos de *Artemia*.



## Introducción

Investigaciones previas demuestran de manera consistente que el aumento en las densidades de población generalmente da como resultado una mayor mortalidad y una menor eficiencia en la alimentación entre los camarones peneidos (Guillermo et al. 2021). Por lo tanto, el objetivo principal en el ámbito de las plantas de incubación es optimizar las capacidades de producción al implementar

regímenes de alimentación que promuevan la metamorfosis larvaria y mejoren la supervivencia, el crecimiento y la resistencia al estrés de las postlarvas (PL). Este enfoque permite que los operadores de las plantas de incubación mejoren sus márgenes económicos, incluso al tratarse de densidades de población más altas, sin someter a las larvas a una mortalidad y estrés excesivos.

Tradicionalmente, en la industria de la acuicultura se ha utilizado *Artemia* ampliamente como un alimento conjunto para mysis (M3) hasta etapas postlarvales (Bengtson 1991; Sorgeloos 2001; Dirk Halet 2007; Azra 2022; Sahandi 2022). Las larvas de *L. vannamei* han mostrado una fuerte respuesta alimentaria a los nauplios vivos de *Artemia*, lo que resulta en un mayor consumo y una mejor eficiencia alimenticia (Sheen et al. 1994). Durante las últimas dos décadas, los intentos de eliminar la *Artemia* de un régimen tradicional de alimentación conjunta y reemplazarla completamente con alimentos artificiales para *L. vannamei* han dado resultados en su mayoría inferiores.

En general, los alimentos vivos siempre han ofrecido resultados positivos de manera consistente, en lo que respecta al de crecimiento y la supervivencia de las larvas de *L. vannamei* (Puello-Cruz et al. 2002) y estudios recientes continúan demostrando esta mejora con el aumento de los niveles de alimentación de *Artemia* viva a lo largo de las etapas larvales tardías y postlarvales (Gamboa-Delgado, J. y Le Vay, L. 2009; Sommer 2019; Yathish et al. 2022). Los estudios de campo y de investigación más recientes también han demostrado que incorporar formas vivas o atenuadas de *Artemia* durante las primeras etapas larvales de *L. vannamei* promueve una mejor salud, particularmente en la resistencia al estrés, permitiéndoles así enfrentar mejor los desafíos ambientales y conducir a mejores tasas de supervivencia (Liqing 2022).

*Artemia* continúa desempeñando un papel vital en el apoyo a las dietas larvales y postlarvales de *L. vannamei*, ofreciendo altos

niveles de proteína (62.7%) y lípidos (21.7%) sobre una base de peso seco. La *Artemia* también contiene altos niveles de los aminoácidos más limitantes, como la metionina, la treonina y la lisina, esenciales para las primeras etapas larvales (Niu et al. 2012), los cuales contribuyen significativamente a la síntesis de proteínas, la producción de enzimas, el metabolismo energético, la osmorregulación y la función inmunitaria. Además, la *Artemia* proporciona el colesterol y los ácidos grasos esenciales necesarios para mantener las membranas celulares, la producción de hormonas, la absorción y utilización de lípidos, el metabolismo energético y la protección antioxidante (Hernández 2004).

En general, la alta digestibilidad y los nutrientes esenciales proporcionados por los nauplios de *Artemia* permiten que los nutrientes se absorban y aprovechen de manera eficiente, fomentando así el crecimiento y la supervivencia de las larvas de *L. vannamei* (Jones et al. 1997a, 1997b). Este ensayo de campo tuvo como objetivo evaluar los efectos potenciales del aumento de los niveles de alimento de nauplios de *Artemia* instar 1, durante la cría temprana de larvas de *L. vannamei* (Mysis I a PL5) en comparación con un régimen de alimentación sin *Artemia*.

El ensayo de campo, realizado en un entorno de producción comercial, demostró claramente que sustituir los piensos artificiales por un aumento de los niveles de *Artemia* en la cría de larvas y postlarvas tempranas (Zoea I a PL5) mejoró significativamente la supervivencia, el

crecimiento y la resistencia al estrés de las postlarvas de *L. vannamei*.

## Métodos

El ensayo actual implementó cuatro tratamientos dietéticos diferentes que reemplazaron un porcentaje fijo de la alimentación microparticulada con nauplios de *Artemia* instar 1 que oscilaban entre el 25 %, el

50 %, el 75 % y el 100 %. Se emplearon ocho tanques replicados al azar para cada tratamiento con una densidad de siembra de 5,800,000 zoea 1, mantenida en 30.000 tanques rectangulares de hormigón en forma de U L<sup>-1</sup>, equivalente a una densidad de 200 zoea/L<sup>-1</sup>. La salinidad del agua se mantuvo en 26ppt de manera consistente, mientras que la temperatura se mantuvo constante, a 28 °C, durante todo el período de cultivo.

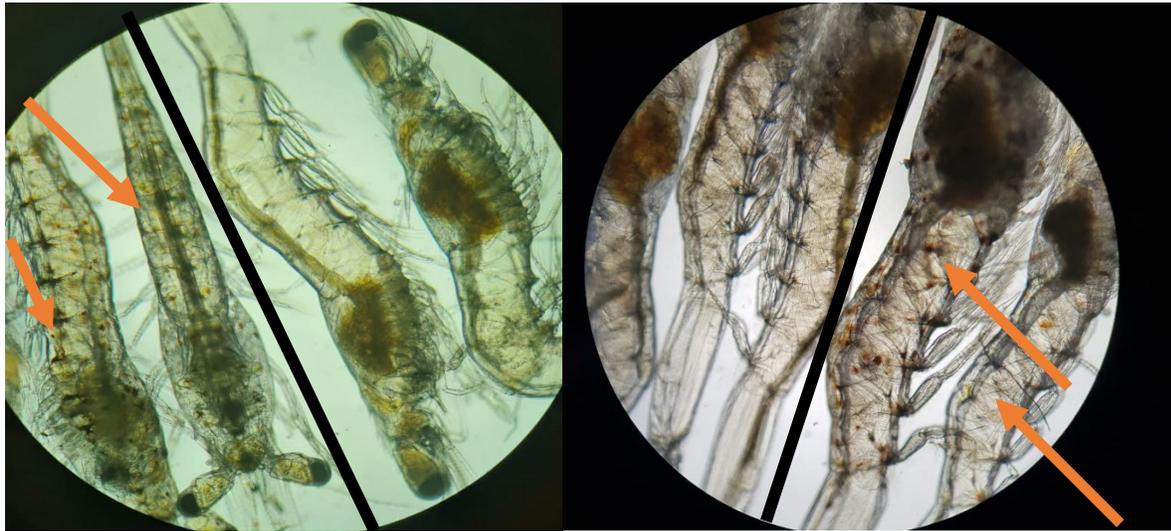


Imagen 1: Los patrones de densidad de cromatóforos más altos/nítidos observados en larvas de *L. vannamei* PL5 alimentadas con *Artemia*, en todo el cuerpo dorsal, se indican con flechas naranjas. Las postlarvas no alimentadas con *Artemia* carecen de un alto desarrollo.

La calidad de eclosión de *Artemia* utilizada en el estudio fue de 200.000 nauplios por gramo, (quistes de *Artemia* GSL, marca GSLA, EE. UU.) que tuvo una eclosión constante en todo momento. Todos los quistes se incubaron utilizando una densidad de siembra de 2 g/L<sup>-1</sup>, 28 °C, aireación fuerte, 2000 lux, en tanques cilíndrico-cónicos de plástico transparente de 60 L. Todos los nauplios de *Artemia* instar 1 se cosecharon, enjuagaron y volvieron a suspender para el cálculo de la eclosión, y a continuación fueron congelados en bolsas de plástico listas para las larvas de camarón, a partir de zoea 3.

En los tanques alimentados con *Artemia*, se incubaron inicialmente 250 gramos de quistes, utilizados para alimentar cada tanque de tratamiento dietético, desde Zoea 3 hasta la etapa Mysis I. Posteriormente, la cantidad de quistes secos fue incrementada a 400 gramos, 545 gramos, 750 gramos, 800 gramos y 875 gramos por cada tanque de tratamiento dietético durante el período de cría hasta alcanzar la etapa de postlarva 5. Se utilizó un total de 7250 g de quistes secos para una densidad de población de 5.8 millones de Zoea, o 1250 g para un millón de postlarvas en etapa 5.

La Dieta sin *Artemia* consistió en un régimen de alimentación patentado de algas vivas y alimentos comerciales con micropartículas para camarones. Los regímenes de alimentación de *Artemia* del 75%, 50% y 25% (las Dietas de *Artemia*) incluyeron una disminución proporcional de la *Artemia*, en comparación con la alimentación con *Artemia* al 100% y, por lo tanto, un aumento proporcional de las dietas artificiales.

En todos los tratamientos, los ensayos se concluyeron al alcanzar PL5. Todas las larvas se cosecharon en mallas finas de nailon de cada tanque (ya que se reabastecerán en canales a partir de entonces) y se comprimieron suavemente para eliminar el exceso de agua. A continuación, se pesó toda la biomasa (Ohaus) y se extrajeron las 3 submuestras siguientes, cada una con un peso de 1 g. A partir de estas submuestras, se calcularon los 3 parámetros. La supervivencia (%) se determinó mediante el conteo de larvas sobrevivientes. Se midió la longitud total (mm) de 10 larvas seleccionadas al azar de todas las réplicas de cada tratamiento desde la punta del rostro hasta la punta del telson para PL5, observadas bajo un microscopio binocular con una retícula calibrada contra un micrómetro de etapa. Finalmente, se evaluó el peso húmedo (mg larvas<sup>-1</sup>) de cada réplica y tratamiento mediante la extracción de 20 animales y posteriormente se pesó en una balanza electrónica (Ohaus).

## Prueba de esfuerzo

Se hizo uso de un entorno experimental controlado para inducir el

estrés por salinidad a través de una disminución repentina de la salinidad de 26 a 0 ppt, utilizando agua dulce a 33.6 °C (condición de criadero de camarones). En contenedores triplicados de 4 L por tratamiento, 100 PL de animales de la etapa 5 fueron sumergidos directamente en 2 L de agua dulce sin someterse a ningún procedimiento de aclimatación gradual. El tiempo registrado fue T0 y, posteriormente, la mortalidad total de cada contenedor se registró cuidadosamente, a intervalos regulares de cinco minutos hasta 60 minutos.

## Resultados

Durante el período de cultivo, se realizó un análisis de salud postlarvaria, que reveló un alto desarrollo de cromatóforos en todo el cuerpo de los camarones (como se muestra en la Imagen 1) que fueron alimentados con *Artemia* entre un 75% y un 100%, en comparación con los otros tratamientos dietéticos.

En general, la supervivencia, el crecimiento y la resistencia al estrés mejoraron con el aumento de la inclusión dietética de *Artemia* (Figuras 1 a 5), lo que verifica investigaciones anteriores que demostraron la importancia de la alimentación con niveles adecuados de *Artemia* en la cría larvaria y postlarvaria temprana de *L. vannamei*.

El análisis estadístico indica un fuerte efecto de los tratamientos dietéticos sobre las tasas de supervivencia ( $p=0.0001$ ) entre las dietas *Artemia* (Figura 1). Los tanques que recibieron niveles de inclusión de *Artemia* al 75% y 100%, mostraron tasas de supervivencia

notablemente más altas, del 75% al 70%, respectivamente, que fueron significativamente mejores que las tasas de supervivencia del 56% al 60% observadas en tanques alimentados con niveles más bajos de *Artemia* o la Dieta sin *Artemia*.

Una tendencia similar se observó en lo que respecta a la longitud de las postlarvas (PL). Las PL en tanques que recibieron 75% (9.5 mm) y 100% (9.00 mm) de *Artemia* demostraron significativamente ( $p > 0.0001$ ) longitudes mayores (Figura 2), en comparación con los de los tratamientos dietéticos restantes.

Los datos de aumento de peso también revelaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ) entre los diferentes tratamientos dietéticos. Las postlarvas 5 que fueron alimentadas con una dieta compuesta por 100% de *Artemia* presentaron la mayor ganancia de peso, con un aumento medio de 0.92 mg (Figura 3). En comparación, los que fueron alimentados con una dieta que contenía un 75% de *Artemia* tuvieron una ganancia de peso media ligeramente menor, de 0.86 mg, pero todavía significativamente mejor que la de los tanques alimentados con 0% (0.83 mg), 25% (0.82 mg) y 50% (0.82 mg) de *Artemia*.

En el experimento de resistencia al estrés, diferentes tratamientos dietéticos de *Artemia* dieron lugar a tasas de mortalidad variables, demostrando así una mejor resistencia al estrés en las PL alimentadas con niveles más altos de *Artemia*. Dentro de los primeros 20 minutos de exposición al agua dulce, no hubo mortalidades en ninguno de

los tratamientos. Sin embargo, a medida que pasaba el tiempo, la tasa de mortalidad aumentaba gradualmente. La mortalidad aumentó más rápidamente en los tratamientos con *Artemia* al 0%, 25% y 50%, alcanzando una tasa de mortalidad igual o superior al 68% después de 60 minutos. En los tratamientos "75% y 100% de *Artemia*", la mortalidad por PL se mantuvo menor ( $< 5\%$ ) durante los primeros 40 a 45 minutos, después de lo cual aumentó gradualmente hasta alcanzar una mortalidad final de 43% y 28% respectivamente, tras 60 minutos de estrés salino. Las tasas de mortalidad total después de 60 minutos de exposición al agua dulce fueron significativamente más bajas para los tanques que recibieron tasas más altas de inclusión de *Artemia* en o por encima del 75% (Figura 5).

En general, la alimentación con niveles más altos de *Artemia* (Diets de *Artemia* al 75% y 100%) mejoró significativamente la supervivencia, el crecimiento y la resistencia al estrés durante el ciclo de incubación temprano (hasta PL5) en comparación con la Dieta sin *Artemia* y las Diets de *Artemia* al 25% y 50%. Estos resultados demuestran el impacto positivo de la alimentación con niveles más altos de *Artemia* durante las etapas de desarrollo larvario y postlarvario temprano. Los resultados del estudio de campo respaldan la opinión de que los niveles más altos de alimentación de *Artemia* durante el desarrollo larvario y postlarvario temprano (hasta PL5) optimizan el rendimiento de la planta de incubación al mejorar sustancialmente la supervivencia, el crecimiento y la resistencia al estrés de los PL

de *L. vannamei*.

## Conclusión

Este estudio de campo, único en su tipo, presentó una evaluación exhaustiva de la idoneidad nutricional de *Artemia* como una fuente dietética crucial para las larvas y las primeras etapas postlarvales de *L. vannamei* y demostró el valor de la inclusión de *Artemia* para estas etapas de desarrollo. Estos resultados enfatizan una vez más la importancia de la *Artemia* altamente digestible como alimento para mejorar la producción general de la planta de

incubación durante las etapas larvaria y postlarvaria temprana de *L. vannamei*, así como para establecer una base sólida para la cría posterior de etapas avanzadas de PL.

Un mayor refinamiento de los niveles óptimos de alimentación de *Artemia* y las investigaciones sobre los mecanismos subyacentes y las respuestas fisiológicas asociadas con estos resultados proporcionarían información valiosa para optimizar las prácticas de cría de larvas y promover el cultivo exitoso de *L. vannamei*.



Imagen 1: Los patrones de densidad de cromatóforos más altos/nítidos observados en larvas de *L. vannamei* PL5 alimentadas con *Artemia*, en todo el cuerpo dorsal, se indican con flechas naranjas. Las postlarvas no alimentadas con *Artemia* carecen de un alto desarrollo.

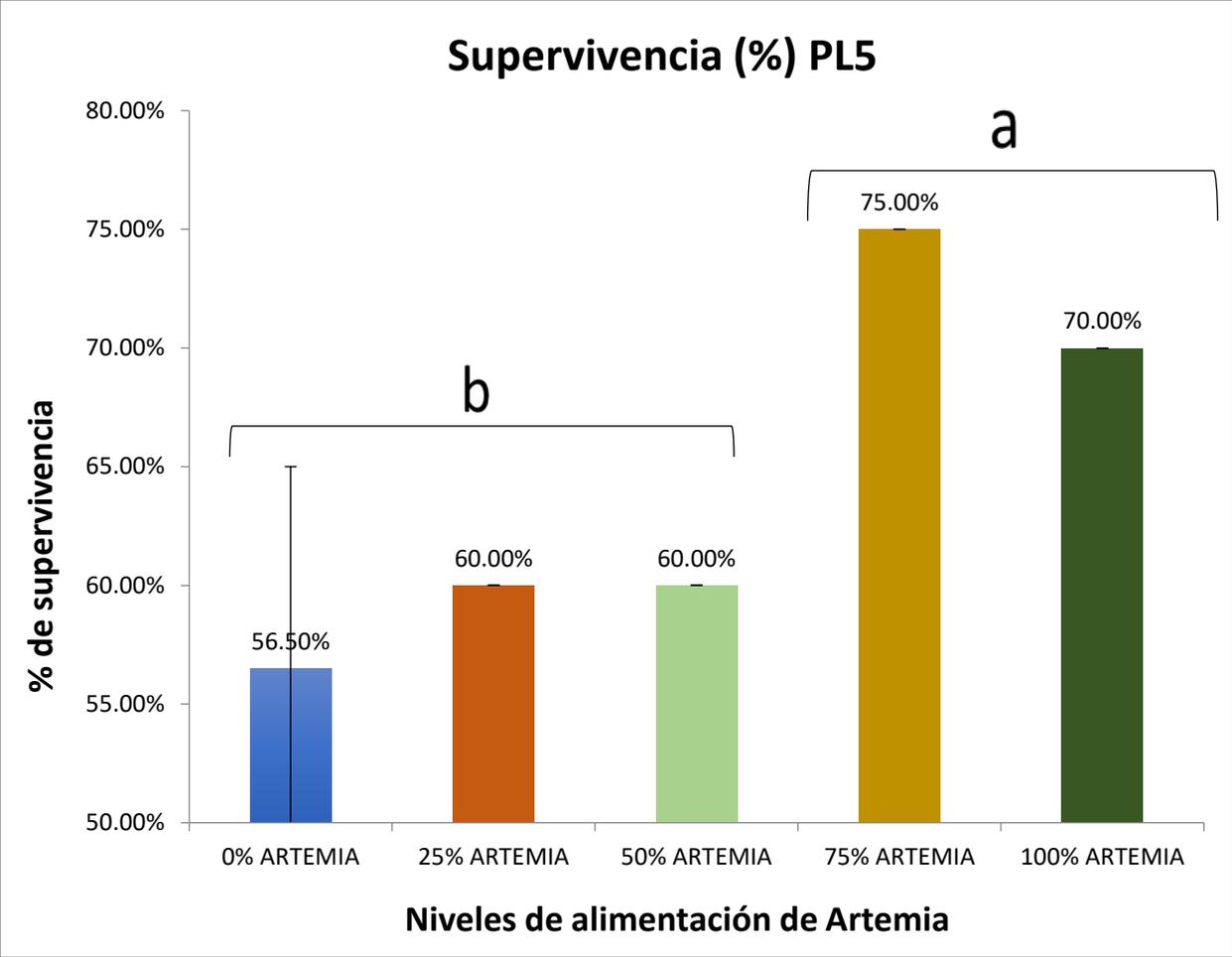


Figura 1: Tasas de supervivencia de postlarvas de *L. vannamei* alimentadas con diferentes niveles dietéticos de nauplios de *Artemia franciscana* durante los períodos de cría larval y postlarvaria.

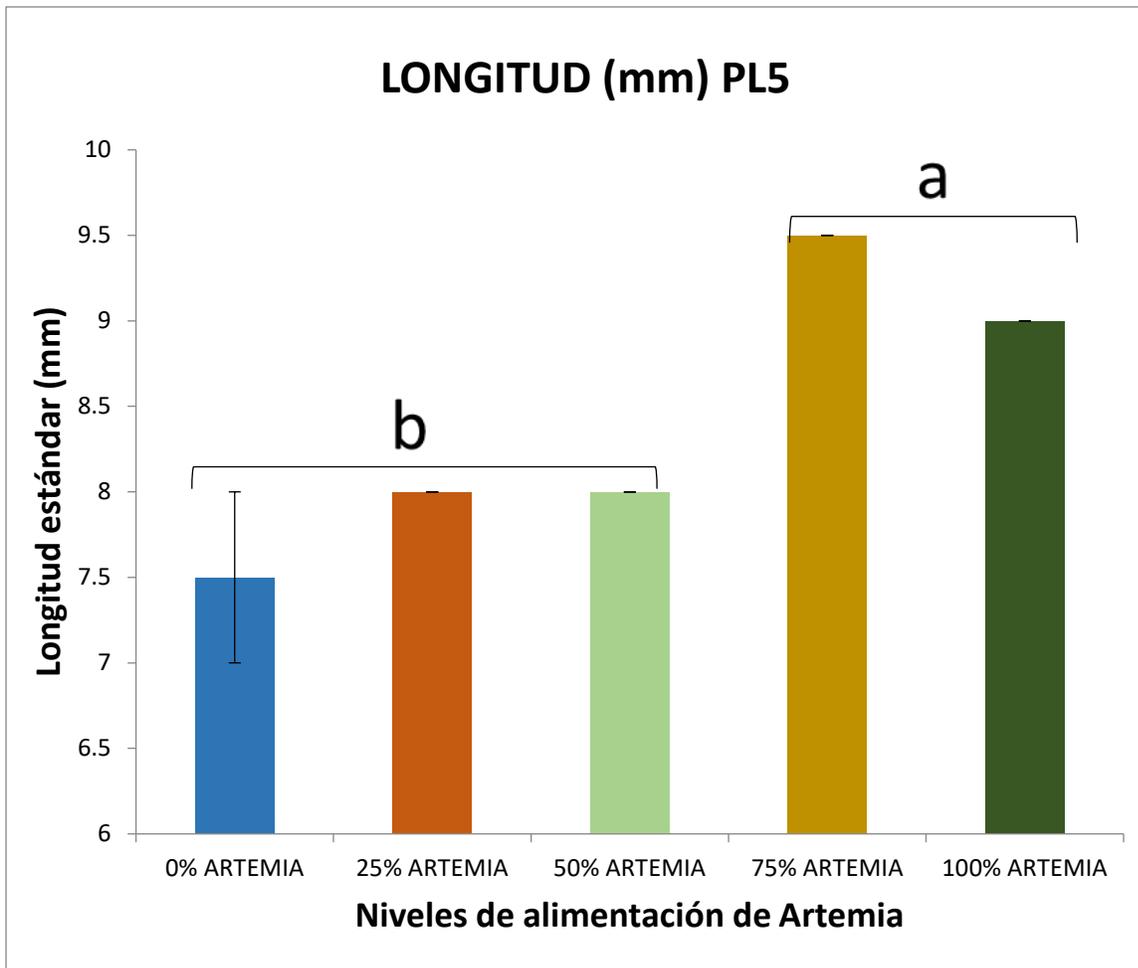


Figura 2: Longitud (mm) de postlarvas de *L. vannamei* alimentadas con diferentes niveles dietéticos de nauplios de *Artemia franciscana* durante los períodos de cría larvaria y postlarvaria.

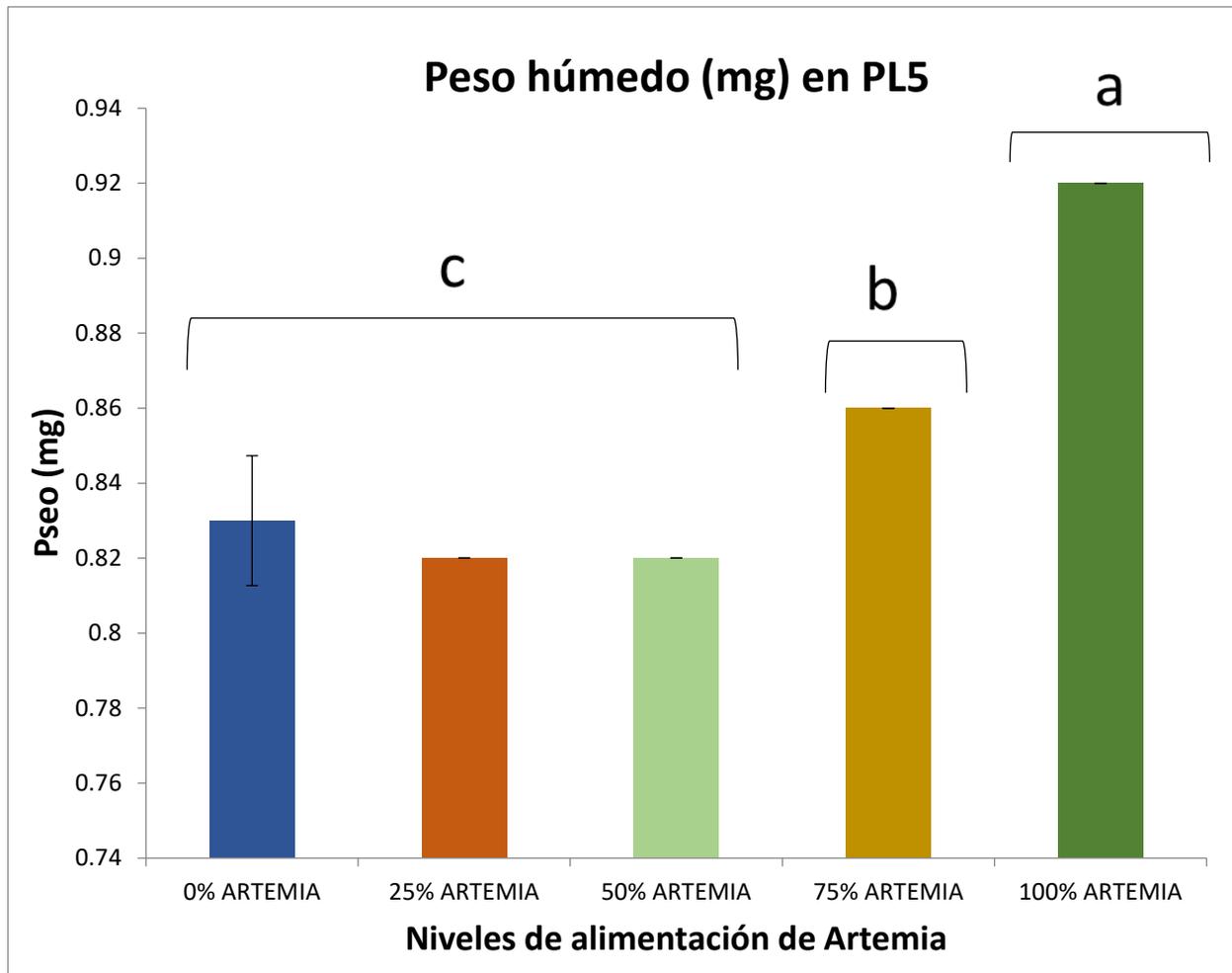


Figura 3: Peso húmedo de todo el cuerpo (mg) de postlarvas de *L. vannamei* alimentadas con diferentes niveles dietéticos de nauplios de *Artemia franciscana* durante los períodos de cría larvaria y postlarvaria.

## Prueba de estrés en agua dulce de *L. vannamei*

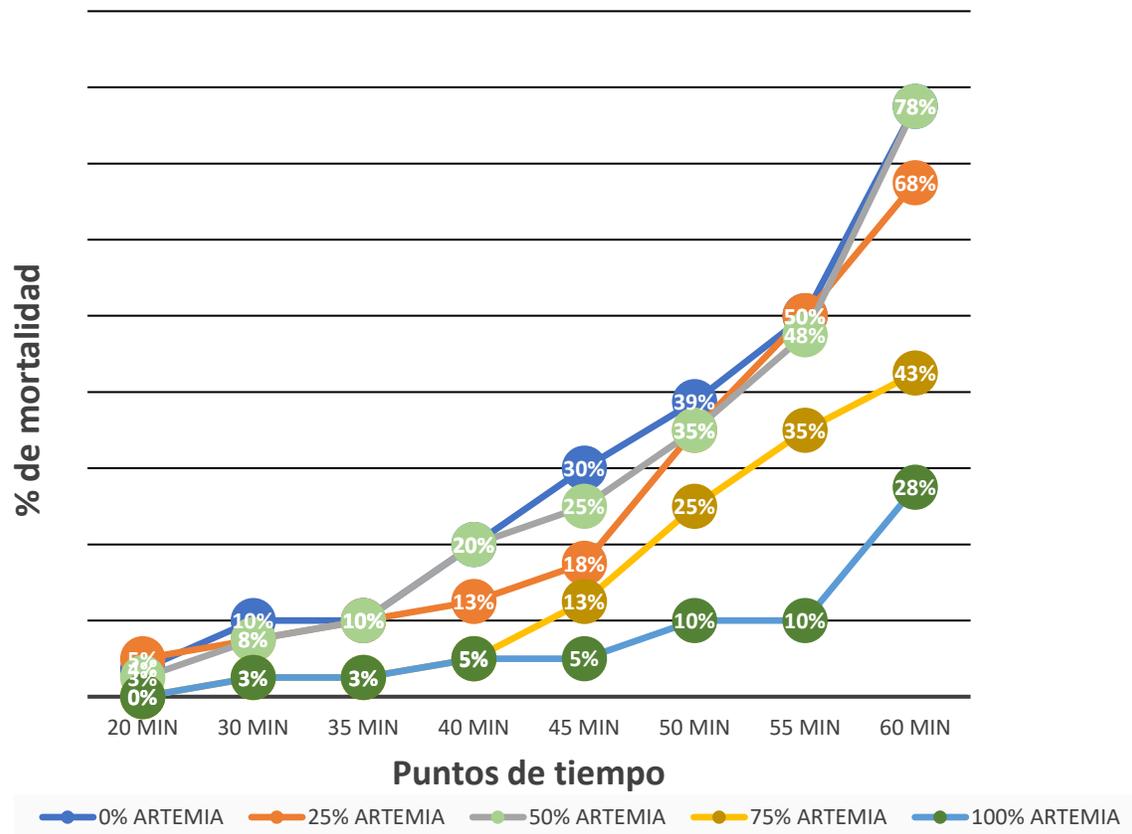


Figura 4: Las tasas de mortalidad de las postlarvas de *L. vannamei* alimentadas con diferentes niveles dietéticos de nauplios de *Artemia franciscana* durante los períodos de cría larval y postlarvaria.

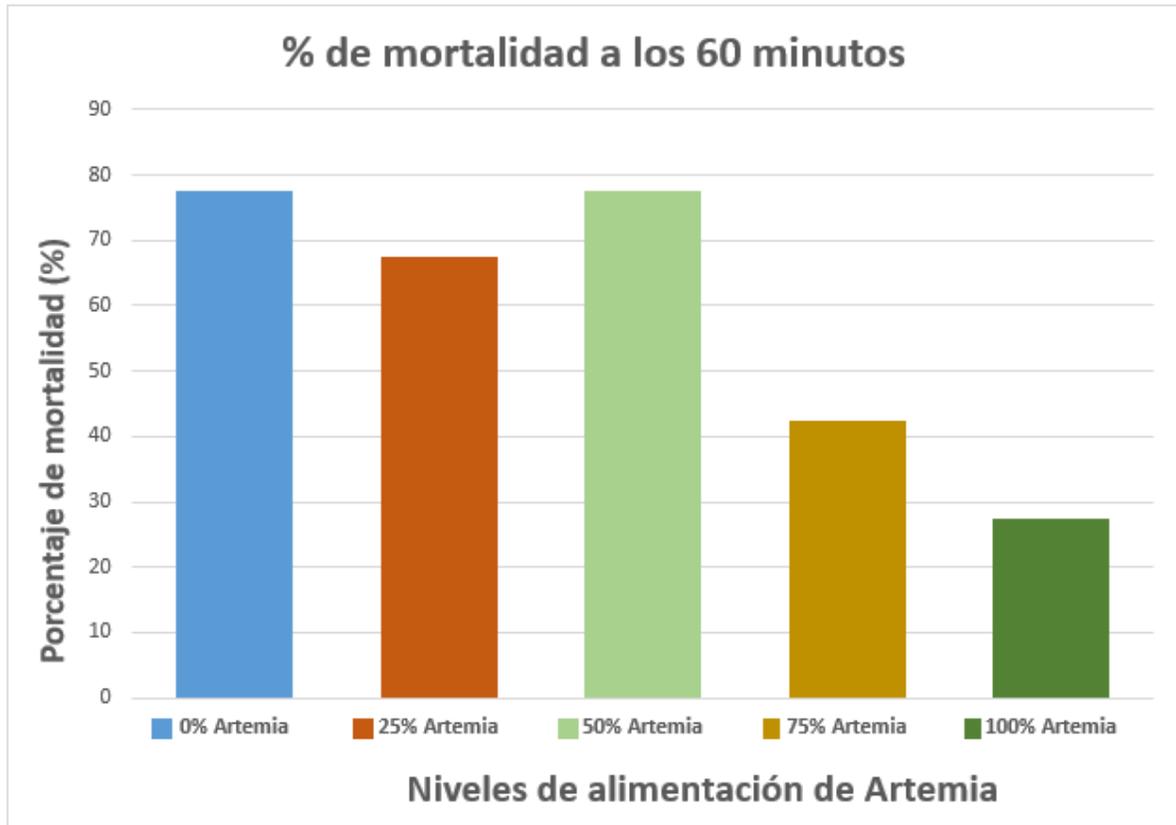
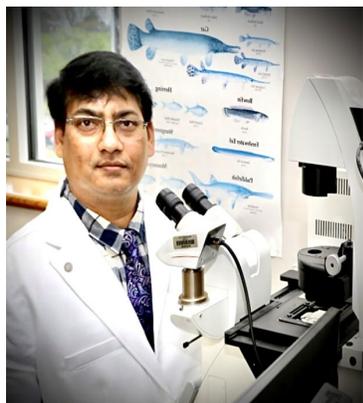


Figura 5: Porcentaje de mortalidad de postlarvas de *L. vannamei* alimentadas con diferentes niveles dietéticos de nauplios de *Artemia franciscana* durante los períodos de cría larvaria y postlarvaria.

Contacto para consultas de investigación



**Dr. Yathish Ramena, Ph.D.**

Científico Principal Sénior  
Great Salt Lake Brine Shrimp Cooperative,  
1750 W 2450 S, Ogden, UT 84401  
Teléfono: (801) 622-1111  
Celular de negocios: (801) 821-3846  
Correo electrónico: [yramena@gsla.us](mailto:yramena@gsla.us)



**Sr. Thomas Bosteels**

Director Ejecutivo,  
Great Salt Lake Brine Shrimp Cooperative  
1750 W 2450 S, Ogden, UT 84401  
Teléfono: (801) 622-1111  
Celular de negocios: (801) 201-2980  
Correo electrónico: [thomas@gsla.us](mailto:thomas@gsla.us)



**Sr. Ravi Sangha M.S.c**

Director Ejecutivo,  
Acua Biomar de México, S. de R.L. de C.V.  
Av. Dr. Carlos Canseco No. 6020-Local 2,  
Marina Mazatlán, 82103  
Mazatlán, Sin. México  
Teléfono: +52 (669) 913-2587  
Celular de negocios: (6695) 333-1111  
Correo electrónico: [acuabiomar@gmail.com](mailto:acuabiomar@gmail.com)



**Sr. Frank Martorana, M.S.**

Gerente de Desarrollo de Negocios Globales  
y Soporte Técnico  
Great Salt Lake Brine Shrimp Cooperative,  
Inc.  
1750 W 2450 S, Ogden, UT 84401  
Celular de negocios: (303) 815-9341  
Correo electrónico: [fmartorana@gsla.us](mailto:fmartorana@gsla.us)

## Referencias

Azra, M.N.; Noor, M.I.M.; Burlakovs, J.; Abdullah, M.F.; Abd Latif, Z.; Yik Sung, Y. Trends and New Developments in Artemia Research. *Animals* 2022, 12, 2321. <https://doi.org/10.3390/ani12182321>

Bengtson DA, Léger P, Sorgeloos P: Use of Artemia as a food source for aquaculture. In *Artemia Biology*. Editado por Browne RA, Sorgeloos P, Trotman CNA. Boca Raton, FL: CRC Press; 1991:255–285.

Dirk Halet y otros, Poly- $\beta$ -hydroxybutyrate-accumulating bacteria protect gnotobiotic *Artemia franciscana* from pathogenic *Vibrio campbellii*, *FEMS Microbiology Ecology*, Volúmen 60, Número 3, junio 2007, páginas 363–369, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00305>.

El-Sayed, H.S., El-Dahhar, A.A., El-Zaeem, S.Y. et al. Evaluation of short and long term enrichment of *Artemia franciscana* with mixed algae or DHA oil emulsion for improving *Dicentrarchus labrax* larvae aquaculture. *Rend. Fis. Acc. Lincei* 33, 889–902 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12210-022-01109-1>.

Guillermo Bardera, Matthew A.G. Owen, Felipe N. Façanha, Jose M. Alcaraz-Calero, Mhairi E. Alexander, Katherine A. Sloman (2021). The influence of density and dominance on Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) feeding behavior, *Aquaculture*, Volume 531, 2021,

Hernández PV, Olvera-Novoab MA, Rousec DB: Effect of dietary cholesterol on growth and survival of juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* under laboratory conditions. *Aquaculture* 2004, 236:405–411.

Jamali H., Imani A., Abdollahi D., Roozbehfar R., Isari A. Use of Probiotic *Bacillus* spp. in Rotifer (*Brachionus plicatilis*) and Artemia (*Artemia urmiana*) Enrichment: Effects on Growth and Survival of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, Larvae. *Probiotics Antimicrob. Proteins*. 2015;7:118–125. doi: 10.1007/s12602-015-9189-3.

Liqing, Mat Taib Mimi Iryani, Aijun Lv, Jinfeng Sun, Anupa Anirudhan, Min Pau Tan, Muhd Danish-Daniel, Li Lian Wong, Kartik Baruah, Patrick Sorgeloos, Tengku Sifzizul Tengku Muhammad, Min Wang, Yantao Liang, Wen Jye Mok, Yeong Yik Sung (2022). Effects of heat shock protein 70 knockdown on the tolerance of the brine shrimp *Artemia franciscana* to aquaculture-related stressors: Implications for aquatic animal health and production, *Aquaculture*, Volúmen 550, 2022, 737-872, doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737872.

Naegel L.C.A., Rodríguez-Astudillo S. Comparison of growth and survival of white shrimp post larvae (*Litopenaeus vannamei*) fed dried Artemia biomass versus four commercial feeds and three crustacean meals. *Aquac. Int.* 2004;12:573–581. doi: 10.1007/s10499-004-1024-x.

Niu, J., Chen, P.F., Tian, L.X. et al. Excess dietary cholesterol may have an adverse effect on growth performance of early post-larval *Litopenaeus vannamei*. *J Animal Sci Biotechnol* 3, 19 (2012). <https://doi.org/10.1186/2049-1891-3-19>

P Sorgeloos, P Dhert, P Candreva, Use of the brine shrimp, *Artemia* spp., in marine fish larviculture, *Aquaculture*, Volúmen 200, Issues 1–2, 2001, Pages 147-159.

Sahandi, J., Sorgeloos, P. & Zhang, W. Culture of *Artemia franciscana* nauplii with selected microbes suppressed *Vibrio* loading and enhanced survival, population stability, enzyme activity, and chemical composition. *Aquacult Int* 30, 2279–2293 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00905-8>

Sheen SS, Liu PC, Chen SN, Chen JC: Cholesterol requirement of juvenile tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture* 1994, 125:131–137.

Yathish Ramena, Femi J. Fawole, Frank Martorana, Thomas Bosteels, Krishna P. Singha, Amit K. Yadav, and Vikas Kumar. (2022) Insights into the increased dietary levels of Brine Shrimp *Artemia franciscana* co-fed with microparticle diets in the rearing of *Litopenaeus vannamei* World Aquaculture Society, extracto 2022.