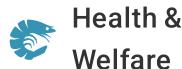




(<https://www.globalseafood.org>).



Health &  
Welfare

# **Aditivos alimentarios antioxidantes y antimicrobianos eficaces para juveniles de camarón blanco del Pacífico cultivados en alta densidad**

4 August 2025

By Shafaq Fatima

**La suplementación de N-acetil-L-cisteína y ácido láurico en dietas para camarones blancos del Pacífico puede mejorar el crecimiento, la respuesta antioxidante y la respuesta inmunitaria**



Este estudio evaluó la respuesta inmunitaria y antioxidante al ácido láurico y la N-acetil-L-cisteína en la dieta de camarones blancos del Pacífico cultivados a alta densidad de población. La suplementación de NAC y LA al 0,2 por ciento cada uno en dietas para camarones puede mejorar el crecimiento, la respuesta antioxidante y la respuesta inmunitaria. Foto por Francisco Miranda.

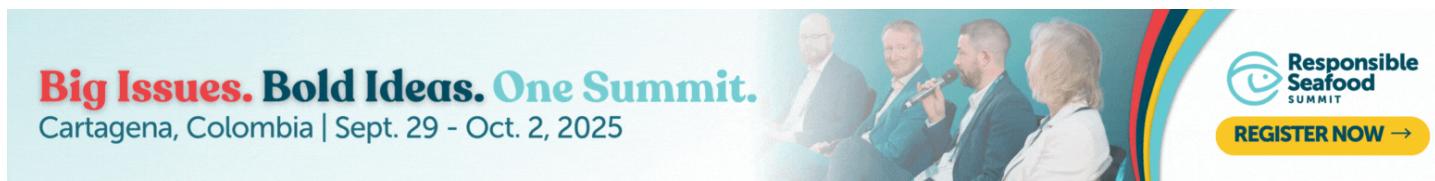
La industria de cultivo de camarón a nivel mundial continúa enfrentando importantes desafíos en materia de enfermedades. Un sistema inmunitario altamente desarrollado es crucial para prevenir brotes de enfermedades en cultivos intensivos y minimizar la dependencia de antibióticos. Diversas categorías de aditivos alimentarios (aminoácidos, minerales, probióticos, prebióticos, péptidos, ácidos orgánicos, nucleótidos) se han utilizado en acuacultura para mejorar la inmunidad innata y adaptativa contra patógenos comunes y estrés oxidativo.

Entre varios factores inmunomoduladores innovadores, el ácido láurico (LA) – un ácido graso saturado de cadena media presente de forma natural en altas concentraciones en aceites (coco, palma, larvas de mosca soldado negra) – exhibe potentes propiedades antibacterianas y antivirales, es particularmente **eficaz contra bacterias Gram-positivas** (<https://doi.org/10.1007/s10529-006-9127-2>), inhibe la formación de biopelículas, la biosíntesis de membranas y los factores de virulencia, puede eliminar células vegetativas y esporas, y **mejora la capacidad antioxidante** (<https://doi.org/10.1128/jb.00743-12>). Se han reportado beneficios del LA. El papel mencionado del ácido láurico purificado como aditivo alimentario se ha reportado en pollos de engorde, mamíferos y en la dorada negra. Sin embargo, hasta donde sabemos, ningún estudio ha investigado su papel en la mejora de la inmunidad innata en camarones u otros crustáceos.

La hipoxia es el principal desafío en condiciones de alta densidad de población y cultivo intensivo, lo que compromete la respuesta inmunitaria de los animales y aumenta su **susceptibilidad a enfermedades y crecimiento reducido** (<https://doi.org/10.1079/NRR200369>). Factores de estrés como la hipoxia pueden conducir a una mayor generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) involucradas en el estrés oxidativo y el envejecimiento. Los antioxidantes artificiales, como la N-acetil-

L-cisteína (NAC), se utilizan como agonistas de los depuradores naturales de ROS. Cada vez hay más evidencia de que la NAC, como aditivo alimentario, mejora la actividad antioxidante en la carpa común, la tilapia, la trucha arcoíris, la corvina amarilla grande y otras especies de acuicultura.

Este artículo – [resumido](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315819) (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315819>) de la [publicación original](#) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). [Fatima, S. 2025. N-acetyl-L-cysteine and lauric acid; effective antioxidant and antimicrobial feed additives for juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured at high stocking density. *PLoS ONE* 20(1): e0315819] – analiza los resultados de un estudio que investigó si el LA y la NAC dietéticos podrían mejorar las respuestas inmunitarias y antioxidantes en camarones blancos del Pacífico cultivados a alta densidad de población. El objetivo principal fue evaluar su posible uso como aditivos alimentarios en el cultivo intensivo de camarón a escala comercial.



(<https://cvent.me/m23mdm>).

## Configuración del estudio

Este estudio se realizó en la Universidad de Purdue, Fort Wayne (Indiana, EE. UU.). Camarones (peso promedio inicial = 0,65 gramos), obtenidos de la Universidad de Auburn (Alabama, EE. UU.), se aclimataron durante dos semanas y, posteriormente, 270 animales se distribuyeron aleatoriamente en quince acuarios (superficie = 13,5 metros cúbicos). Los camarones se criaron en baja densidad de población (LSD) ( $n = 10/2,2$  metros cúbicos por réplica) y alta densidad de población (HSD) ( $n = 20/2,2$  metros cúbicos por réplica). Se utilizaron cinco grupos de camarones: T1: control negativo en LSD; T2: control positivo en HSD; T3: en HSD y alimentados con dieta suplementada con LA; T4: en HSD y alimentados con dieta suplementada con NAC; T5: en HSD y alimentados con una combinación de LA y NAC.

Los cinco tratamientos dietéticos (utilizados por triplicado) fueron:

- Tratamiento T1: baja densidad de población; alimentados con dieta D0.
- Tratamiento T2: Alta densidad de población; alimentados con dieta D0.
- Tratamiento T3: Alta densidad de población; alimentados con dieta D1 (LA).
- Tratamiento T4: Alta densidad de población; alimentados con dieta D2 (NAC).
- Tratamiento T5: Alta densidad de población; alimentados con dieta D3 (LA+NAC).

Se prepararon cuatro dietas diferentes con suplementos de ácido láurico (LA) y N-acetil-L-cisteína (NAC) de origen comercial al 0,2 por ciento cada una, que se pulverizaron sobre un alimento comercial (Zeigler, EE. UU.). Los camarones se alimentaron cuatro veces al día. Se asumió una tasa de crecimiento esperada de 1 gramo por semana para el cálculo del alimento, y la ración diaria se ajustó según la mortalidad observada y el consumo de alimento. El ensayo duró 8 semanas, y posteriormente se midieron la longitud y el peso totales de cada camarón en todas las réplicas de cada tratamiento para calcular el peso final medio, la ganancia de peso, el factor de condición y el índice de conversión alimenticia (FCR/ICA).

Para obtener información detallada sobre el diseño experimental, la preparación de la dieta, la cría de animales, el muestreo de hemolinfa y tejido, el aislamiento de ARN, la síntesis de ADNc y la PCR cuantitativa, y el análisis de datos, consulte la publicación original.

## Resultados y discusión

Los resultados del estudio muestran mayores ganancias de peso en los tratamientos T3, T4 y T5, mientras que el valor máximo se observó en T4. Los valores de condición mostraron una diferencia significativa y fueron menores a 1 en todos los tratamientos. El índice de conversión de alimento (FCR/ICA) también se calculó como menor a 1 en todos los tratamientos. Los niveles de proteína total, glucosa, recuento total de hemocitos e índice fagocítico fueron significativamente diferentes entre los cinco tratamientos, pero cuantitativamente mayores en T3, T4 y T5 en comparación con los demás. Los valores más altos de estos parámetros se observaron en T4.



### Mejora del crecimiento y la acumulación de carotenoides en el camarón blanco del Pacífico mediante la suplementación dietética

Los carotenoides derivados de algas pueden mejorar el crecimiento y la pigmentación del camarón, apoyando el desarrollo de alimentos funcionales y la mejora la calidad.



Global Seafood Alliance

Los niveles de malondialdehído (MDA), un biomarcador práctico y ampliamente utilizado para el estrés oxidativo que determina la peroxidación lipídica de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), especialmente ácidos grasos omega-3 y omega-6, fueron significativamente diferentes entre todos los tratamientos (Fig. 1A). Sin embargo, se encontró que T4 y T5 se encontraban en el mismo subgrupo. Se observaron concentraciones más bajas de MDA en los tratamientos alimentados con suplemento de NAC (T4 y T5) en comparación con el control de alta densidad de población (HSD). El perfil de todos

los genes antioxidantes y de respuesta inmunitaria mostró una diferencia significativa entre los cinco tratamientos (Fig. 1B-1F). Los niveles de la enzima superóxido dismutasa (SOD; una importante defensa antioxidante contra el estrés oxidativo en el organismo) fueron significativamente menores en los tratamientos alimentados con NAC y su combinación (T4 y T5) (Fig. 1B) en comparación con T2. Se observaron resultados similares en el perfil de los genes de la enzima glutatión peroxidasa (GPX; una enzima antioxidante muy importante) cuando los camarones alimentados con una dieta suplementada con NAC mostraron los niveles significativamente más bajos (Fig. 1C).

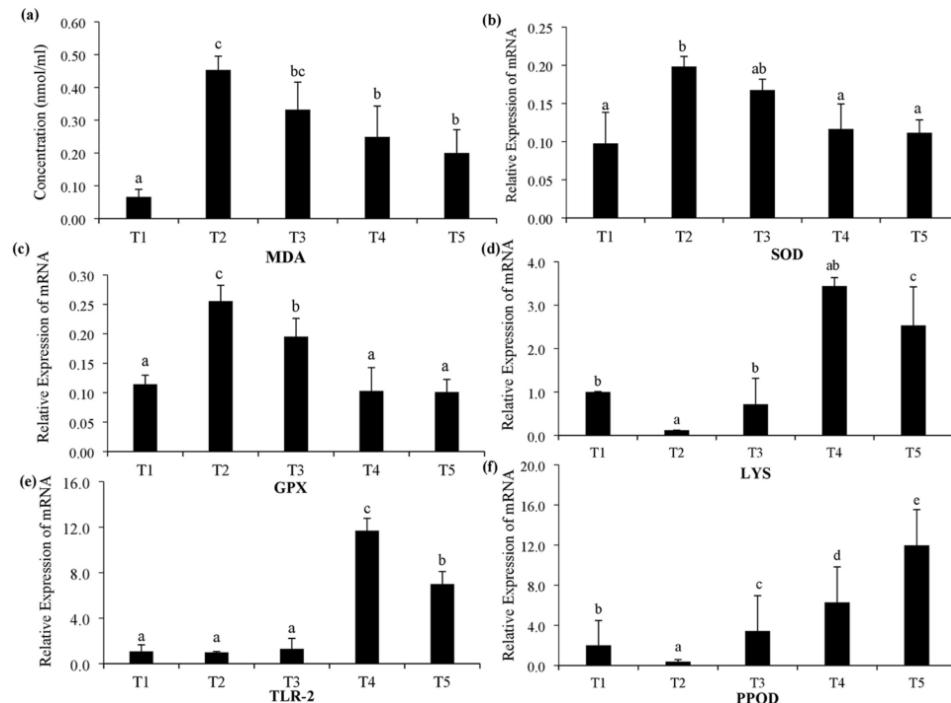


Fig. 1: Concentración de malondialdehído (MDA) en la hemolinfa medida mediante ELISA (a). Expresión relativa del ARNm de la superóxido dismutasa (SOD) (b), lisozima (LYS) (c), glutatión peroxidasa (GPX) (d), receptor tipo Toll 2 (TLR-2) (e) y profenoloxidasa (PPOD) (f) en cuatro tratamientos diferentes (T1, baja densidad de población, T2, alta densidad de población, T3: ácido láurico, T4: N-acetilcisteína, T5: ácido láurico + N-acetilcisteína).

El sistema de activación de la profenoloxidasa (PPOD) desempeña un papel crucial en el reconocimiento y la defensa de patógenos en crustáceos. La lisozima (LYS) es una enzima que ejerce su actividad hidrolizando la pared celular bacteriana grampositiva. Dada su capacidad para alterar la pared celular bacteriana, se reconoce como un antibiótico endógeno, que desempeña un papel vital en la defensa innata contra microbios. Nuestros hallazgos revelan una regulación positiva de la expresión de LYS y PPOD, y un número de Los hemocitos y el índice fagocítico en camarones alimentados con dietas suplementadas con NAC y LA indicaron una mejor función inmunitaria gracias a estos dos compuestos en comparación con los controles. Se observó un aumento gradual en la expresión de PPOD en T3, T4 y T5 (Fig. 1F). La mayor expresión de este gen se observó en camarones alimentados con una combinación de NAC y LA. En los tratamientos LSD y HSD, que no recibieron ningún suplemento, se observó una menor expresión de todos los genes en comparación con otros tratamientos dietéticos.

Los resultados del estudio demostraron que la suplementación dietética con NAC (0,2 por ciento) y LA (0,2 por ciento) puede mejorar el crecimiento y la capacidad antioxidante y antimicrobiana del camarón blanco del Pacífico. La investigación sobre el impacto de la suplementación con NAC o LA en el crecimiento y la inmunidad innata del camarón es actualmente limitada. En consecuencia, existe escasez de datos publicados que aborden y analicen específicamente estos efectos en relación con esta especie. Sin embargo, estudios realizados en humanos, pollos de engorde, cerdos y peces respaldan firmemente que el **NAC desempeña un papel fundamental** (<https://doi.org/10.1042/BJ20130282>) como eliminador y antioxidante de ROS, y protege contra el daño causado por la peroxidación lipídica, el daño al ADN, la oxidación de proteínas y la apoptosis.

El ácido láurico es un ácido graso natural con una **importante actividad antibacteriana** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734504>) contra una amplia gama de bacterias. Induce la disrupción de la membrana microbiana, activa la producción de especies reactivas de oxígeno en patógenos y presenta otros efectos beneficiosos. Los resultados del presente estudio confirman el posible uso del LA como aditivo en la alimentación del camarón para **mejorar la inmunidad** (<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02635>) contra bacterias y virus. Sin embargo, se requieren más estudios para investigar su papel en las vías de señalización contra patógenos comunes y virulentos en la acuacultura.

De forma similar a la mejora de la actividad antioxidante y antimicrobiana, el mejor crecimiento en los tratamientos con NAC y LA también puede atribuirse a los mecanismos multifacéticos de estos nutracéuticos para activar las funciones antiinflamatorias e inmunomoduladoras, como se observa en varias especies acuáticas como la carpa común, el cangrejo chino y la tilapia del Nilo. Los mayores niveles de proteína total y glucosa en T3 y T5 también indican una mejora en el suministro de nutrientes y su transporte a través de globulina y albúmina, lo que podría deberse a la inclusión de LA en las dietas, como se observó en aves de corral y dorada negra.

Se han indicado previamente efectos similares de NAC y LA sobre el crecimiento, como una mejor microbiota intestinal, vellosidades intestinales más largas y una mejor regulación del microbioma, lo que **mejora la salud intestinal** (<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2006.06.004>). En particular, el LA mantiene su estabilidad a medida que atravesía el tracto gastrointestinal, lo que garantiza su absorción final. Esta característica permite que el LA interactúe directamente con la microbiota intestinal, contribuyendo a mejorar la salud y la fisiología del huésped mediante un metabolismo y una inmunidad mejoradas. Los niveles más altos de glucosa observados en T1 en comparación con T2 podrían atribuirse al **rápido metabolismo de la glucosa disponible** (<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.11.016>) para satisfacer las altas necesidades energéticas.

## Perspectivas

Los hallazgos del presente estudio confirman que la suplementación de NAC y LA en la dieta del camarón blanco del Pacífico puede mejorar el crecimiento, la respuesta antioxidante y la respuesta inmunitaria. Se requiere mayor investigación para determinar las dosis óptimas a mayores densidades de siembra que puedan ser más efectivas contra patógenos comunes en la acuacultura. Desafortunadamente, debido a las restricciones en el uso de bacterias patógenas en el laboratorio, el presente estudio no pudo someter los tratamientos a un desafío con bacterias virulentas. Estudios futuros pueden explorar estos aspectos, lo cual será beneficioso para mejorar la respuesta antioxidante e inmunitaria del camarón blanco del Pacífico en cultivo intensivo.

## Author

---

**SHAFAQ FATIMA**

Department of Biological Sciences, Purdue University Fort Wayne, Fort Wayne, Indiana, United States of America

[shaff01@pfw.edu](mailto:shaff01@pfw.edu) (<mailto:shaff01@pfw.edu>)

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.