



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



Estudio utiliza monitoreo acústico pasivo para cuantificar los efectos de la temperatura, el amoníaco y el nitrógeno nitrito en la alimentación del camarón blanco del Pacífico

The Responsible Seafood Advocate: Delivered Carefully curated news, technical articles and feature journalism in your inbox every Tuesday.

Subscribe

1 September 2025

By Hanzun Zhang, Chao Yang, Yesen Li, Bin Ma and Boshan Zhu

Los resultados demostraron una correlación significativa entre el número de clics y el consumo de alimento en camarones en diferentes tratamientos ambientales

GSA has updated its [Privacy Policy](#) and [Terms of Use](#). By accessing the GSA website, you agree to the Terms of Use.



Estudio utiliza monitoreo acústico pasivo para cuantificar los efectos de la temperatura y la concentración de amoníaco y nitrito en la alimentación del camarón blanco del Pacífico. Los resultados demostraron una correlación significativa entre el número de clics y el consumo de alimento en camarones en diferentes tratamientos ambientales. Este estudio es el primero en cuantificar los efectos específicos de factores ambientales comunes en las señales acústicas de alimentación y el comportamiento alimentario de *P. vannamei* mediante tecnología PAM. Fotografía de comederos automáticos en un estanque camaronero comercial por Fernando Huerta.

En el complejo entorno de la acuacultura en estanques, la tecnología de monitoreo acústico pasivo (PAM) ha demostrado un potencial considerable en los **sistemas de alimentación inteligentes** (<https://doi.org/10.1111/raq.12978>) para el cultivo de camarones en estanques debido a su independencia de las limitaciones visuales. Estudios previos han demostrado que las señales acústicas continuas de "clic" emitidas por *P. vannamei* durante la alimentación están estrechamente relacionadas con el consumo de alimento. La cuantificación y el análisis de los parámetros característicos de estas señales acústicas pueden evaluar el comportamiento alimentario del camarón y servir como **base de datos clave** (<https://doi.org/10.1111/raq.12546>) para el monitoreo en tiempo real del estado de alimentación del camarón.

Las fluctuaciones en los factores ambientales en la acuacultura en estanques significativamente **afectan el comportamiento alimentario de los camarones** (<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/9781800629363.0012>). Por ejemplo, concentraciones de nitrógeno amoniacal superiores a 4 mg/L pueden provocar la proliferación de patógenos intestinales en los camarones, suprimiendo su apetito y reduciendo su comportamiento alimentario; la exposición a una concentración de 20 mg/L de nitrógeno nitrito altera la estructura de la mucosa intestinal de los camarones, inhibiendo aún más su alimentación. Además, el consumo de alimento de los camarones disminuye con la disminución de la temperatura dentro de un rango específico, y las temperaturas inferiores a 20 grados-C deterioran su sistema inmunitario. Actualmente,

los sistemas automáticos de monitoreo de la calidad del agua pueden obtener **parámetros ambientales en tiempo real** (<https://doi.org/10.3390/s22062088>) y se han aplicado preliminarmente en la gestión de la acuacultura en estanques.

Sin embargo, la mayoría de los sistemas de alimentación inteligentes basados en PAM existentes funcionan de forma independiente de los sistemas de monitoreo de la calidad del agua, lo que resulta en una falta de intercambio de información entre ellos. Esta limitación de diseño, que excluye los factores ambientales, **la precisión del monitoreo y de la alimentación** (<https://doi.org/10.1111/raq.12282>) de los sistemas de alimentación en el complejo entorno de la acuacultura en estanques. Por lo tanto, es necesario establecer una ruta directa entre los datos ambientales y los datos conductuales y acústicos pasivos, integrando eficientemente información de múltiples fuentes para mejorar la tasa de respuesta de los sistemas de alimentación y mejorar la puntualidad y la base científica de las decisiones alimentarias.

Este artículo – **resumido** (<https://doi.org/10.3390/ani15142113>) de la **publicación original** (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) (Zhang, H. et al. 2025. Environmental Factors Modulate Feeding Behavior of *Penaeus vannamei*: Insights from Passive Acoustic Monitoring. *Animals* 2025, 15(14), 2113) – informa sobre un estudio que utilizó la temperatura, la concentración de nitrógeno amoníaco y la concentración de nitrógeno nitrito como variables ambientales clave para analizar la correlación entre el consumo de alimento y las características acústicas de la alimentación, y cuantificó los efectos de estos factores ambientales en el comportamiento alimentario y las características acústicas de *P. vannamei*.



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

Configuración del estudio

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio Clave de Maricultura del Ministerio de Educación de la Universidad Oceánica de China. Los camarones *P. vannamei* (peso promedio de $8 \pm 0,32$ gramos) utilizados en el experimento se obtuvieron de Yellow River Delta Marine Technology Co., Ltd., ciudad de Dongying, provincia de Shandong, China. Durante todo el experimento, se mantuvieron las condiciones naturales del agua de mar. Para establecer una conexión entre los factores ambientales y la acústica de la alimentación de los camarones *P. vannamei*, este estudio empleó tecnología PAM combinada con análisis de video para evaluar los efectos de tres factores ambientales clave (temperatura, nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito) en las características del comportamiento alimentario de los camarones, con especial atención a las señales acústicas ("clics").

Tras la aclimatación, se seleccionaron aleatoriamente 660 camarones *P. vannamei* en periodo de intermuda con apéndices intactos y actividad normal, los cuales se transfirieron a 11 tanques experimentales de 216 L, con 60 camarones por tanque. El diseño experimental incluyó tres series independientes realizadas simultáneamente, con series de gradientes para la temperatura, el nitrógeno amoníaco y el nitrógeno nitrito. Se recopilaron señales acústicas de alimentación de camarones en diferentes condiciones ambientales mediante un sistema de adquisición de audio equipado con un hidrófono comercial (Soundtrap 300 STD, Ocean Instruments, Nueva Zelanda) (Figura 1A).

Para obtener información detallada sobre el diseño y el equipo experimental, la cría de animales y la adquisición y el análisis de datos, consulte la publicación original.

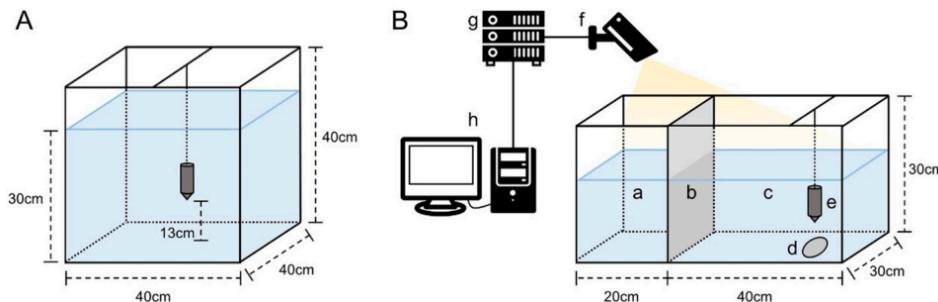


Fig. 1: Sistema de adquisición de audio (A) y sistema de observación del comportamiento alimentario (B). Nota: zona de aislamiento (a), partición (b), zona de observación (c), bandeja de alimentación (d), hidrófono (e), cámara infrarroja (f), interruptor (g), monitor y dispositivo de almacenamiento (h).

Resultados y discusión

Este estudio analizó el consumo de alimento, las señales acústicas de alimentación y el comportamiento alimentario en *P. vannamei* bajo diferentes condiciones de temperatura, nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito. Dentro del rango de variación de los factores ambientales evaluados, un aumento de la temperatura se asocia con un aumento del consumo de alimento, el número de clics y el nivel de presión sonora (SPL).

Por el contrario, concentraciones elevadas de nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito provocaron una disminución del consumo de alimento y del número de clics, con una influencia mínima en el SPL. Cabe destacar que se observó una correlación estable entre el consumo de alimento y el número de clics en diferentes ambientes. Además, estos factores ambientales influyeron significativamente en diversos comportamientos alimentarios en *P. vannamei*.

Los parámetros característicos de las señales acústicas de "clic" emitidas por los camarones durante la alimentación, incluyendo el momento, el número de pulsos y el SPL, son de gran importancia para el monitoreo del comportamiento alimentario y la gestión de la acuacultura. Nuestro estudio reveló una correlación notable entre el consumo de alimento y el número de clics en *P. vannamei* en diferentes ambientes (Fig. 2). En comparación con el nivel de presión sonora (SPL), el número de clics resultó ser un parámetro más fiable para monitorizar el estado de alimentación del camarón.

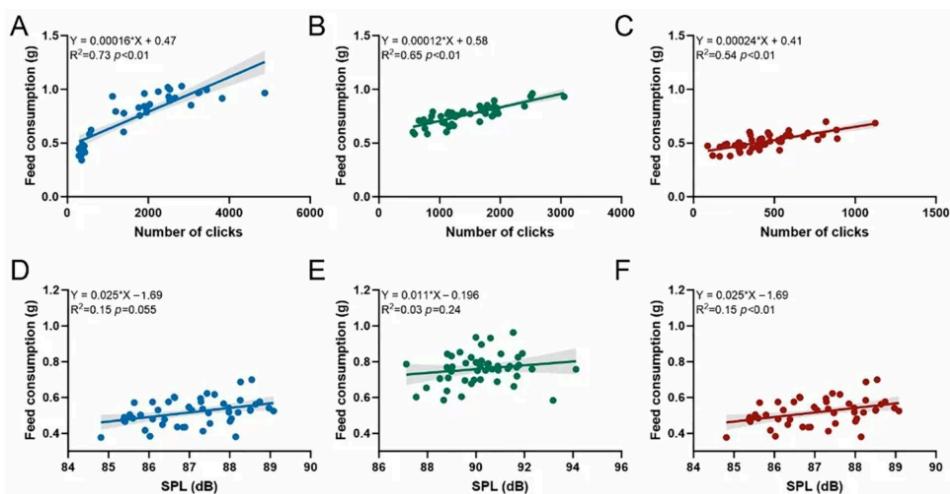


Fig. 2: Relación entre el consumo de alimento y el número de clics (A-C) y el nivel de presión sonora (SPL, en dB) (D-F) en los 30 minutos posteriores a la alimentación con pellets, a diferentes temperaturas, concentraciones de nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito.

Además, observamos que, en diversos entornos, tanto el número de clics como el SPL disminuyeron a medida que aumentaba la duración de la alimentación, presentándose la mayor proporción de clics y el pico de SPL durante los primeros 10 minutos. Esta observación sugiere que el camarón exhibe la mayor frecuencia e intensidad de alimentación durante este período, lo que coincide con los hallazgos de otros investigadores. Con base en nuestros resultados, futuras investigaciones deberían priorizar el número de clics generados durante la fase inicial de alimentación del camarón e integrar las características de las señales acústicas en condiciones ambientales complejas para mejorar la precisión de los sistemas de alimentación inteligentes.

En estanques acuáticos, un aumento de temperatura dentro del rango óptimo acelera la tasa metabólica de *P. vannamei*, aumenta la demanda energética y estimula la actividad alimentaria. En consonancia con estudios previos, nuestra investigación también reveló que, a medida que aumenta la temperatura, el consumo de alimento, el número de clics y el SPL de los camarones muestran una tendencia ascendente (Fig. 3A-C).

Fig. 3: Diferencias en el consumo de alimento, el número de clics y el nivel de presión sonora (SPL, en dB) de *P. vannamei* en los 30 minutos posteriores a la alimentación con pellets, bajo diferentes temperaturas (A-C), concentraciones de nitrógeno amoniaco (D-F) y concentraciones de nitrógeno nitrito (G-I). Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas entre los grupos de tratamiento ($p < 0,05$).

Además, la proporción del tiempo de alimentación aumentó, mientras que el tiempo de búsqueda de alimento se redujo significativamente (Figs. 4A, B), y las trayectorias de los camarones se concentraron alrededor de las bandejas de alimentación. Por el contrario, los camarones mostraron una reducción en su comportamiento de natación y alimentación a 20 grados-C.

Fig. 4: Proporción del tiempo de comportamiento y el tiempo de búsqueda de alimento de *P. vannamei* bajo diferentes temperaturas (A, B), concentraciones de nitrógeno amoniaco (C, D) y concentraciones de nitrógeno nitrito (E, F). Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas entre los comportamientos dentro del mismo tratamiento, mientras que diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas en el mismo comportamiento entre tratamientos.

La relación clásica entre temperatura y metabolismo se define por el coeficiente Q10, que suele ser de 2,0. Este estudio encontró valores de Q10 de 2,12 en el intervalo de 26 a 32 grados-C, pero de 13,82 en el de 20 a 26 grados-C, lo que representa una desviación significativa del valor típico en la temperatura

más baja. Esta discrepancia probablemente se deba a que 20 grados-C se encuentra fuera del rango metabólico óptimo para el camarón y suprime la actividad alimentaria. Estos hallazgos coinciden con las observaciones de comportamiento que muestran que el camarón a 20 grados-C no alcanzó la bandeja de alimentación, lo que indica que las bajas temperaturas afectan la alimentación con mayor intensidad que las altas temperaturas dentro del gradiente estudiado.

Por lo tanto, se debe prestar mucha atención a las fluctuaciones de la temperatura del agua en el cultivo de *P. vannamei* en estanques. Al integrar la información de temperatura y PAM, se puede diseñar un sistema de alimentación inteligente que monitoree sinérgicamente tanto la temperatura como la PAM para ajustar dinámicamente la cantidad de alimento. Específicamente, cuando la temperatura del agua aumenta, se debe aumentar adecuadamente la cantidad de alimento y optimizar las estrategias de alimentación según los cambios en tiempo real en el número de clics para mejorar la eficiencia alimentaria y la tasa de crecimiento del camarón. Por el contrario, cuando la temperatura del agua disminuye, se debe reducir la cantidad de alimento para minimizar el desperdicio de alimento y la contaminación del agua. Sin embargo, la temperatura presenta efectos inhibitorios tanto en la actividad alimentaria como en el rendimiento del crecimiento del camarón cuando excede los rangos óptimos.

En los sistemas acuícolas de estanques camarones, a diferencia del oxígeno disuelto y la salinidad, que generalmente se mantienen dentro de rangos estables, el nitrógeno amoníaco y el nitrógeno nitrito se acumulan dinámicamente como subproductos del metabolismo del alimento. Sus concentraciones son notoriamente difíciles de regular con precisión en tiempo real, un desafío que inherentemente disminuye la eficiencia alimentaria en los animales de acuacultura. Nuestro estudio también encontró que, a medida que aumentaban las concentraciones de nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito, el consumo de alimento del camarón disminuía (Fig. 3D, G). Esto se acompañó de un aumento en el tiempo de búsqueda de alimento y el tiempo de reposo, junto con una reducción en el tiempo de alimentación (Figura 4C-F). Además, el número de clics (Fig. 3E, F) y el SPL (Fig. 3H, I) disminuyeron en consecuencia, lo que indica que ambos compuestos nitrogenados inhibieron la alimentación de los camarones.

Las trayectorias de comportamiento mostraron que los camarones en agua con altas concentraciones de estos compuestos nitrogenados eran más propensos a permanecer en sus ubicaciones iniciales y menos propensos a alcanzar las bandejas de alimentación. Esto podría deberse a que los compuestos nitrogenados dañan la estructura del tejido branquial de los camarones, disminuyendo la capacidad de la hemocianina para transportar oxígeno. Como resultado, los camarones se ven obligados a ajustar sus estrategias de adaptación conductual reduciendo el consumo de alimento para conservar energía y aumentar la probabilidad de supervivencia, lo cual concuerda con los mecanismos de adaptación de peces como la carpa común.

Según nuestros resultados, ignorar el impacto del nitrógeno inorgánico en la alimentación de los camarones puede llevar a un ajuste tardío de las cantidades de alimento, lo que provoca la acumulación de alimento no consumido, concentraciones elevadas de nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito, y en última instancia, un círculo vicioso de contaminación del agua e inhibición de la alimentación de los camarones. Por lo tanto, en futuras evaluaciones de estrategias de alimentación, es necesario incluir las concentraciones de nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito como información clave en el proceso de toma de decisiones de los sistemas de alimentación PAM. Específicamente, el sistema debería emitir alertas cuando las concentraciones de nitrógeno inorgánico aumenten y, en consecuencia, reducir las cantidades de alimento para mantener la estabilidad del entorno acuícola y asegurar el buen crecimiento de los camarones.

Los investigadores Annaleena Vaher y Jonne Kotta realizan investigaciones en la costa de Estonia. Foto cortesía de Jonne Kotta.

“El cambio climático es un gran problema en el Mar Báltico,” afirmó Annaleena Vaher, especialista en ecología marina del Instituto Marino de Estonia de la Universidad de Tartu en Tallin, Estonia. Las olas de calor son cada vez más prolongadas y la temperatura y la salinidad del agua están cambiando. Queríamos averiguar si los mejillones del mar Báltico podrían mitigar los efectos del cambio climático secuestrando carbono en sus conchas.”

“Nuestro modelo puede simular por separado la acumulación de biomasa y carbono tanto en el tejido blando (carne) como en la concha del mejillón,” afirmó Jonne Kotta, profesor del Instituto Marino de Estonia en la Universidad de Tartu. “Esta separación es crucial porque la concha, compuesta de carbonato de calcio, representa una vía para la captura de carbono a largo plazo si se extrae del ecosistema. Al rastrear estos componentes individualmente, nuestro modelo proporciona predicciones sólidas, basadas en procesos, del potencial de los mejillones para secuestrar carbono a lo largo del tiempo.”

El equipo descubrió que en el Báltico occidental, donde los niveles de salinidad son más altos y las condiciones más favorables, los mejillones pueden crecer de forma más eficiente y capturar una cantidad significativamente mayor de carbono mediante la formación de conchas. Las regiones con mayor salinidad muestran consistentemente mayores tasas de captura de carbono debido a un mejor crecimiento de los mejillones y la formación de sus conchas, afirmó Kotta, pero factores locales como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimentos también pueden influir en los resultados. En algunos casos, las condiciones locales favorables pueden compensar parcialmente las limitaciones de la baja salinidad. Una cuidadosa selección de los sitios de cultivo, basada en una combinación de variables ambientales, puede mejorar considerablemente el rendimiento y el potencial de captura de carbono de las granjas de mejillones.

Vaher, Kotta y su equipo también planean involucrar a los productores en su trabajo.

“Para muchos productores, la captura de carbono puede parecer algo teórico o ajeno a sus operaciones diarias,” afirmó Kotta. “Sin embargo, nuestro modelo se utiliza actualmente para predecir el rendimiento de la biomasa y resulta útil para respaldar prácticas agrícolas más informadas y productivas. Las aplicaciones relacionadas con el clima podrían tardar más en consolidarse, pero como cultivador de mejillones, soy optimista de que los productores se sumarán.”

Los productores pueden contribuir aportando información sobre las condiciones locales y las prácticas agrícolas que pueden determinar las oportunidades para la tecnología de captura de carbono, incluyendo el modelo DEB, afirmó Vaher. Mientras tanto, el equipo ha establecido una comunidad de práctica en las islas occidentales de Estonia, centrada en soluciones sostenibles. El grupo está formado por personas dedicadas que se reúnen periódicamente para intercambiar nuevos datos, información y herramientas, y ha demostrado ser muy eficaz en el desarrollo conjunto de iniciativas con agricultores y representantes de la industria.

El equipo también ha desarrollado varias herramientas web de apoyo a la toma de decisiones, similares a Google Translate, diseñadas para traducir análisis científicos complejos a formatos fáciles de entender y aplicar, adaptados a los diferentes grupos de interés. El objetivo es ofrecer soluciones sencillas, pero no simplistas, afirmó Kotta, haciendo que la ciencia de vanguardia sea utilizable y útil para la toma de decisiones en el mundo real.

El enriquecimiento con hierro también es sencillo y no requiere ningún sistema de ingeniería complejo. Los productores llevan mucho tiempo enfrentándose a problemas con el sulfuro de hidrógeno.

Es importante reconocer que, en los estanques acuícolas reales, factores ambientales como la temperatura, el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno nitrito no existen de forma aislada. En cambio, interactúan de forma compleja para producir efectos combinados en los camarones, amplificando los efectos del estrés y aumentando la complejidad y los desafíos del manejo de la alimentación.

En resumen, el número de clics en diversos entornos acuícolas se correlaciona consistentemente con el consumo de alimento, lo que refleja con precisión el estado de alimentación del camarón. En comparación con el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno nitrito, las variaciones de temperatura ejercen un impacto más pronunciado en el consumo de alimento, las características acústicas y el comportamiento de *P. vannamei*, siendo el factor ambiental más significativo que influye en su alimentación.

Perspectivas

Este estudio utilizó PAM para investigar los efectos de la temperatura, el nitrógeno amoniacal y el nitrógeno nitrito en el comportamiento alimentario y las señales acústicas de *P. vannamei*. Los resultados revelan una correlación positiva significativa entre el número de clics y el consumo de alimento, siendo la temperatura el factor ambiental más influyente. Las temperaturas elevadas estimulan la actividad alimentaria y la intensidad de la señal acústica, mientras que las altas concentraciones de nitrógeno amoníaco y nitrógeno nitrito suprimen ambos parámetros.

Esta investigación es la primera en cuantificar el impacto ambiental en la acústica de la alimentación de *P. vannamei*, lo que valida la viabilidad del PAM para evaluar el estado de alimentación en diversas condiciones. Los hallazgos subrayan la necesidad de integrar módulos de monitoreo ambiental en sistemas de alimentación inteligentes, proporcionando una base científica para el desarrollo de tecnologías de alimentación de precisión y la mejora de la eficiencia de la acuicultura.

Authors



HANZUN ZHANG

The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, 5 Yushan Road, Qingdao 266003, China



CHAO YANG

Faculty of Information Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

**YESEN LI**

Beijing Aquatic Product Technology Promotion Department, Beijing 100176, China

**BIN MA**

Behavioural Evolution Research Group, Max Planck Institute of Animal Behaviour, Konstanz 78467, Germany

**BOSHAN ZHU**

Corresponding author

The Key Laboratory of Mariculture, Ministry of Education, Ocean University of China, 5 Yushan Road, Qingdao 266003, China

boshanzhu@gmail.com (<mailto:boshanzhu@gmail.com>)

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.