



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



Cómo el aumento de las temperaturas provocado por el cambio climático impacta la acuacultura de crustáceos

19 December 2025

By Viraj Vishakha Yeshwant Daunde , Manoj Tukaram Kamble , Balasaheb Ramdas Chavan , Gargi Kashmira Rajesh Palekar , Sangharsh Himmat Tayade , Aranya Ponpornpisit , Kim D. Thompson , Seema Vijay Medhe and Nopadon Pirarat

Mediante la integración de evidencia fisiológica, inmunológica y ecológica, esta revisión identifica lagunas clave en el conocimiento y destaca oportunidades para

mejorar la resiliencia climática en la acuacultura de crustáceos



Una revisión exhaustiva de los efectos del aumento de la temperatura inducido por el cambio climático en la acuacultura de crustáceos, que integra evidencia fisiológica, inmunológica y ecológica, identifica lagunas clave en el conocimiento y destaca oportunidades para mejorar la resiliencia climática en la acuicultura de crustáceos.

Mejorar la resiliencia de la acuacultura de crustáceos requiere una mejor comprensión de las respuestas fisiológicas, las tecnologías emergentes y las prácticas de gestión adaptativa. Foto de un cangrejo de barro o de manglar (*Scylla serrata*), una especie cultivada de importancia económica en las zonas del Índico y el Pacífico, de Mark Clarke (CC BY 4.0, <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>, a través de Wikimedia Commons).

El cambio climático se reconoce como una de las amenazas ambientales más graves, que afecta a la acuacultura al alterar las condiciones físicas y fisiológicas de las especies cultivadas e impactar la productividad del ecosistema y la disponibilidad de recursos. Los crustáceos marinos son **particularmente vulnerables** (<https://doi.org/10.3390/ani11041146>) al aumento de la temperatura inducida por el clima debido a sus estrechos nichos térmicos y su proximidad a la tolerancia térmica. A medida que las **temperaturas superan** (<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112412>) estos umbrales, se produce un aumento de la demanda de oxígeno, cambios metabólicos, reducción de la ingesta de alimento y supresión de la función inmunitaria. El cambio climático no solo eleva la temperatura, sino que también intensifica los factores estresantes concurrentes, como el debilitamiento de los exoesqueletos debido a la acidificación del océano, la hipoxia, las fluctuaciones de salinidad y la aparición de patógenos.

Estos efectos combinados aumentan la vulnerabilidad de los crustáceos, lo que hace esencial comprender tanto las consecuencias directas como indirectas para una gestión eficaz de la acuacultura y la pesca.

Comprender los efectos directos e indirectos del cambio climático en los crustáceos es fundamental para una gestión eficaz de la acuacultura y la pesca. Abordar estos desafíos requiere **estrategias integradas** (<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.04.002>) centradas en la conservación y la sostenibilidad, especialmente dada la sensibilidad de los crustáceos al estrés térmico y la variabilidad climática.

Este artículo – **resumido** (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) de la **publicación original** (<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2025.08.008>) (Daunde, V.V.Y. et al. 2025. Effects of climate change-induced temperature rise on crustacean aquaculture: A comprehensive review. *Aquaculture and Fisheries*, available online 23 August 2025) – discute una revisión que examinó el impacto de las temperaturas elevadas en el rendimiento del crecimiento, la ingesta de alimento, la muda, la respuesta inmunitaria y la supervivencia de los principales crustáceos cultivados, incluidos camarones, langostinos, cangrejos, langostas y cangrejos de río.

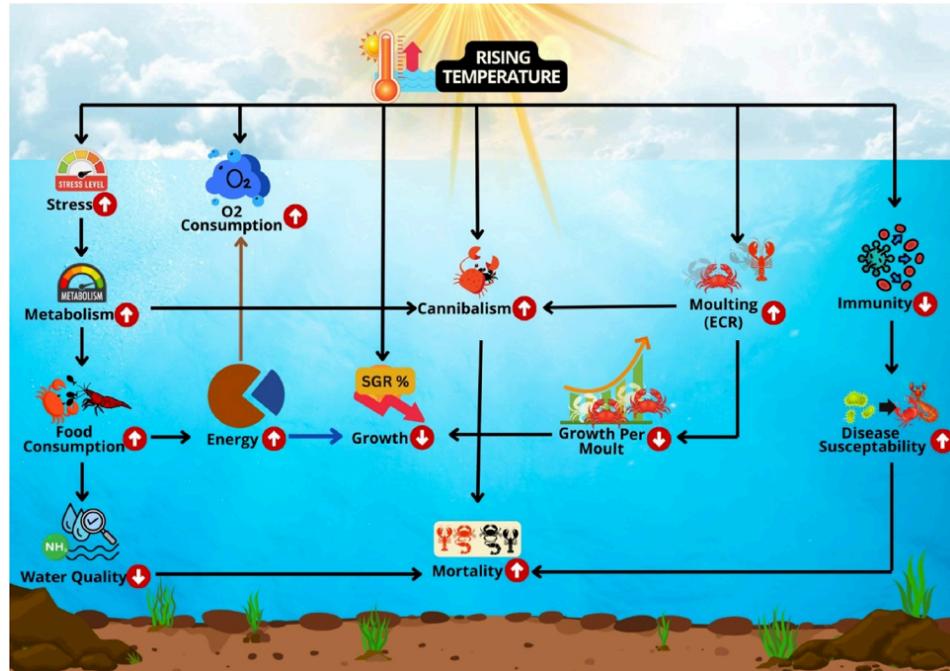
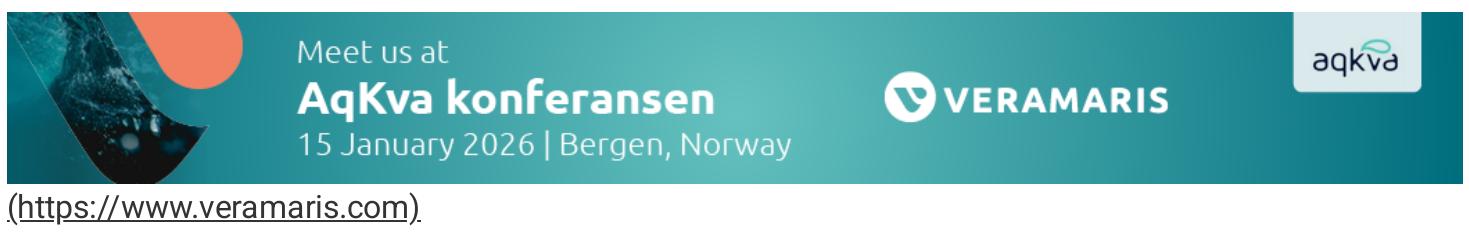


Fig. 1: Resumen gráfico de los efectos del aumento de la temperatura inducido por el cambio climático en los crustáceos en sistemas de acuacultura. Adaptado del original.

La literatura se recopiló mediante búsquedas estructuradas por palabras clave en las principales bases de datos académicas, incluyendo PubMed, Scopus, ScienceDirect y Google Scholar. Se utilizaron combinaciones de términos de búsqueda como "estrés térmico," "temperatura," "camarones," "crustáceos," "crecimiento," "inmunidad" y "acuacultura." Se incluyeron los estudios que implicaban la exposición controlada de crustáceos a temperaturas elevadas y que evaluaban parámetros biológicos relevantes. Los criterios de exclusión incluyeron artículos de revisión, resúmenes de congresos, metaanálisis y estudios que carecían de un diseño experimental específico para la temperatura o que no estaban relacionados con la acuacultura.

Resumen de las especies y su rango de temperatura

La investigación sobre crustáceos decápodos se centra principalmente en comprender las preferencias y tolerancias térmicas de diversas especies relevantes para la acuacultura. La Fig. 2 muestra el rango de temperatura (desde niveles óptimos hasta elevados) para las especies de crustáceos seleccionadas, destacando sus límites de tolerancia térmica y su capacidad de adaptación a las condiciones ambientales cambiantes. La investigación sobre el impacto de las temperaturas elevadas en langostinos y camarones se ha concentrado principalmente en especies como el camarón patiblanco (*Penaeus vannamei*), con temperaturas más altas probadas que oscilan entre 29 y 40 grados-C, y el langostino gigante de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii*), con rangos de temperatura más altos de 33 a 38 grados-C, especialmente a temperaturas alrededor de 34 grados-C.

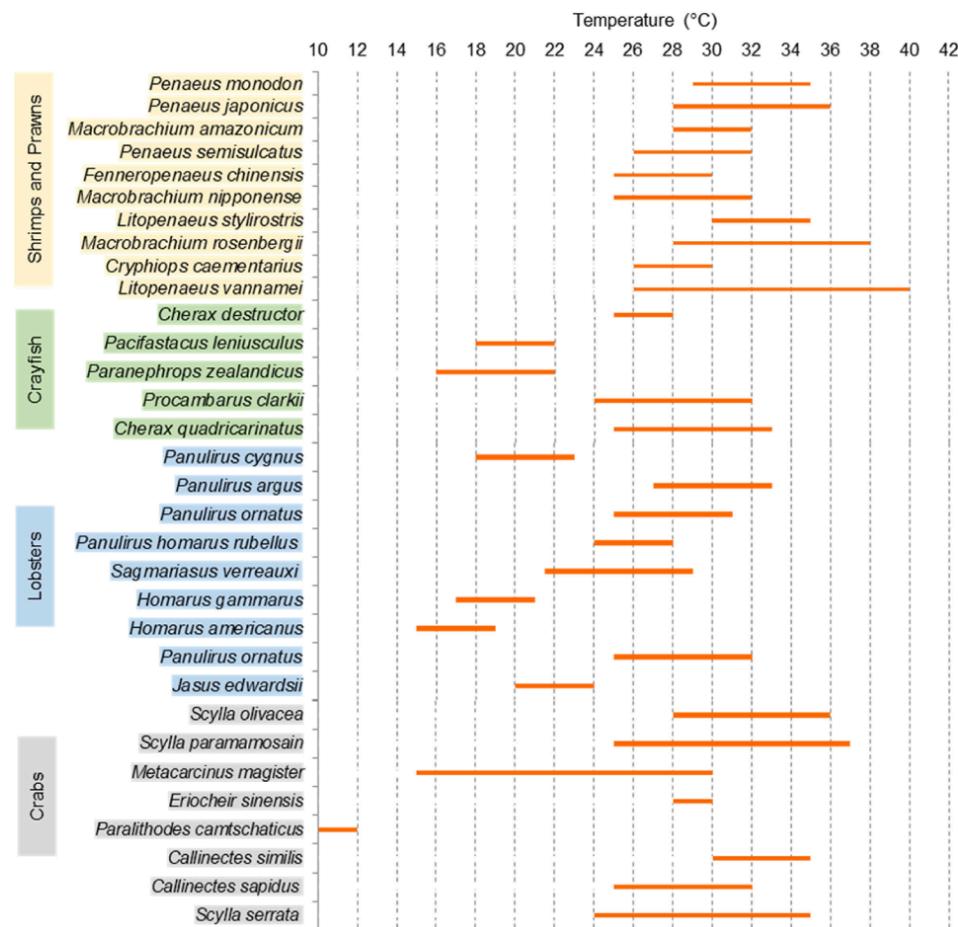


Fig. 2: Rango de temperatura (óptimo a superior) para diversas especies de crustáceos decápodos relevantes para la acuacultura.

Otras especies, como el langostino de río oriental (*Macrobrachium nipponense*), se han estudiado a temperaturas más altas, específicamente a 30 y 32 grados-C. De manera similar, el camarón blanco chino (*Fenneropenaeus chinensis*) se ha estudiado a 30 grados-C; el camarón tigre negro (*P. monodon*) a 35 grados-C; el camarón kuruma (*P. japonicus*) a 36 grados-C; el langostino del Amazonas (*M. amazonicum*) a 32 grados-C; y el camarón tigre verde (*P. semisulcatus*) a 32 grados-C. Además, el camarón azul (*Litopenaeus stylirostris*) y el camarón de agua dulce sudamericano (*Cryphiopt caementarius*) se han estudiado a temperaturas más altas de 35 y 30 grados-C, respectivamente.

En cuanto a los cangrejos, la investigación se centra principalmente en especies de cangrejos de fango como el cangrejo de fango gigante (*Scylla serrata*), el cangrejo de fango verde (*S. paramamosain*) y el cangrejo de fango naranja (*S. olivacea*), con temperaturas más altas estudiadas que oscilan entre 32 y 37 grados-C en estas especies, que son comercialmente valiosas debido a su tamaño y disponibilidad. Otras especies examinadas incluyen el cangrejo azul (*Callinectes sapidus*) a temperaturas más altas de 30-32 grados-C; el cangrejo azul menor (*C. similis*) a 35 grados-C; cangrejo real rojo (*Paralithodes camtschaticus*) a 11-12 grados-C. También, el cangrejo de río chino (*Eriocheir sinensis*) y el cangrejo Dungeness (*Metacarcinus magister*), ambos a 30 grados-C.

La investigación sobre langostas se centra principalmente en las langostas espinosas, con una amplia tolerancia a la temperatura en especies como *Panulirus* spp. y *Sagmariasus* spp., valoradas por su potencial para la acuicultura, resistencia a enfermedades, rápido crecimiento (en ciertas especies) y adaptabilidad a diversos entornos. Entre las especies de langosta espinosa estudiadas se incluyen la langosta espinosa ornamentada (*Panulirus ornatus*), la langosta de roca de la costa este (*P. homarus*), la langosta espinosa del Caribe (*P. argus*), la langosta de roca occidental (*P. cygnus*) y la langosta de roca verde (*Sagmariasus verreauxi*), que presentan un amplio rango de temperatura, de 23 a 33 grados-C. La investigación también incluye langostas con pinzas (*Homarus* spp.), la langosta americana (*H. americanus*) y la langosta europea (*H. gammarus*), estudiadas a temperaturas más altas, de 19 a 21 grados-C, y la langosta roja (*Jasus edwardsii*), estudiada a 22 y 24 grados-C.

En la investigación sobre cangrejos de río, el cangrejo de agua dulce australiano (*Cherax quadricarinatus*) recibe la mayor atención, particularmente por su adaptabilidad para tolerar un amplio rango de temperaturas. Es muy valorado para la acuacultura y el comercio de acuarios debido a su adaptabilidad, facilidad de cultivo y fuerte demanda en el mercado. El rango de temperatura más alto estudiado para el cangrejo de agua dulce australiano fue entre 30 y 33 grados-C.

La Fig. 3 muestra los impactos interconectados del cambio climático y las altas temperaturas en los mariscos y la acuacultura. El grupo verde relaciona los mariscos y moluscos con la acuacultura y las actividades humanas, destacando las amenazas que el cambio climático plantea para la producción de productos del mar, especialmente la acidificación de los océanos y las variaciones de temperatura. Los grupos azul y amarillo indican el impacto del aumento de la temperatura del agua en el metabolismo, la reproducción y la supervivencia, alterando la dinámica de crecimiento y amenazando la biodiversidad marina en general. Estos cambios plantean importantes desafíos para la industria acuícola, afectando la resiliencia de las especies, la productividad y la sostenibilidad a largo plazo.

Fig. 3: Vista de agrupamiento de coocurrencia de palabras clave de VOSviewer. El grupo verde representa la conexión entre mariscos, moluscos, acuacultura y actividades humanas. El grupo azul indica el impacto del aumento de la temperatura del agua principalmente en los procesos fisiológicos de los animales. El grupo amarillo destaca la alteración de la dinámica de crecimiento y las amenazas a la biodiversidad marina.

Estrategias de adaptación para la acuacultura

Las estrategias de adaptación en la acuacultura son fundamentales para abordar los desafíos que plantea el cambio climático, en particular el aumento de la temperatura del agua, que puede afectar significativamente la salud, el crecimiento y la productividad de las especies acuícolas. A medida que cambian las condiciones ambientales, resulta crucial implementar estrategias que ayuden a mantener los sistemas acuícolas reduciendo el estrés térmico en los organismos, mejorando la resiliencia y promoviendo prácticas sostenibles. Los efectos del aumento de las temperaturas varían considerablemente entre las regiones geográficas debido a las diferencias en las especies, los sistemas de cultivo y la capacidad de adaptación.

Fig. 4: Estrategias para combatir el aumento de la temperatura en la acuicultura de crustáceos. Adaptado del original.

Se prevé que el aumento de las temperaturas y los factores de estrés asociados al cambio climático alteren el potencial de producción acuícola a nivel mundial. Asia – que actualmente representa aproximadamente el 90 por ciento de la biomasa marina cultivada – corre un riesgo significativo de sufrir disminuciones en la producción (<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.09.012>) de peces y bivalvos. Las regiones tropicales como el sur y el sudeste asiático, que dependen en gran medida de sistemas de acuacultura a pequeña escala con capacidad de adaptación limitada, son especialmente vulnerables a las temperaturas extremas. En estas zonas, el estrés térmico, la acidificación de los océanos y la disminución de la productividad primaria pueden reducir el rendimiento del crecimiento, particularmente en especies que ya se encuentran cerca de sus límites de tolerancia térmica (<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw052>) o que son sensibles a múltiples factores de estrés.

Africa se encuentra entre las regiones más vulnerables al cambio climático a nivel mundial. Muchos de sus sistemas acuícolas dependen de fuentes de agua dulce que son muy sensibles al cambio climático. Las sequías prolongadas y las precipitaciones irregulares, impulsadas por el calentamiento global, reducen la disponibilidad y la calidad del agua, lo que provoca el secado de los estanques, fluctuaciones de salinidad y eutrofización, factores que impactan gravemente la productividad acuícola (<https://doi.org/10.1111/lre.12331>). En países de clima templado como Corea del Sur, la acuacultura es particularmente vulnerable al cambio climático debido a su gran dependencia de los sistemas marinos abiertos. Durante la última década, el 53 por ciento de los daños relacionados con la acuacultura causados por desastres naturales en Corea se han atribuido al aumento de la temperatura de la superficie del mar.

Para abordar estos desafíos, se han desarrollado estrategias de adaptación específicas para cada región. En Sri Lanka, los pequeños acuacultores de camarones colaboran utilizando un calendario de cultivo compartido, conocido como sistema de calendario de cultivos zonales (ZCCS), para gestionar las enfermedades y los riesgos climáticos. Este enfoque comunitario combina el conocimiento tradicional con las recomendaciones gubernamentales, lo que les permite ajustar sus prácticas basándose en experiencias pasadas. Los países Mediterráneos están promoviendo sistemas de acuacultura resilientes (<https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01071.x>) mediante la adopción del

cultivo intensivo en jaulas, la cría de especies estériles en criaderos, alimentos de origen vegetal y políticas basadas en el ecosistema, como la Gestión Integrada de Zonas Costeras (ICZM) y el Enfoque Ecosistémico para la Acuacultura (EEA), para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia climática.

Los países del sudeste asiático y de África están adoptando cada vez más sistemas de acuacultura multitrófica integrada ([IMTA \(https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00348\)](https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00348)) y policultivo para mejorar la eficiencia de los nutrientes y la resiliencia climática. Los sistemas IMTA se están implementando en países como los de África Occidental, así como en India y Vietnam, donde mejoran la eficiencia en el uso de los recursos, reducen las emisiones de gases de efecto invernadero de la agricultura tradicional y contribuyen al enriquecimiento de los agroecosistemas.

Los sistemas mejorados de cultivo extensivo de camarones han demostrado una mayor sostenibilidad y resiliencia climática, particularmente para los pequeños productores. En un ejemplo, durante un período de 10 años, la inversión estratégica del gobierno de U.S. \$191 millones en medidas de adaptación respaldó las exportaciones acuícolas por un valor de \$2.700 millones. Si bien esto representó solo el 0,7 por ciento de los ingresos totales por exportaciones, constituye un argumento convincente para la continuidad de la financiación pública en apoyo del desarrollo de la acuacultura. Tales inversiones reducen la carga económica para los pequeños productores, mejoran la resiliencia del sector y respaldan los objetivos nacionales a largo plazo para el crecimiento sostenible de la acuacultura y las exportaciones.

"La mitigación del cambio climático necesita a la maricultura, concluye una nueva investigación (<https://www.globalseafood.org/advocate/la-mitigacion-del-cambio-climatico-necesita-a-la-maricultura-concluye-una-nueva-investigacion/>)"

Lagunas de investigación y direcciones futuras

A pesar de los avances en la comprensión de los impactos del cambio climático en la acuacultura de crustáceos, existen importantes lagunas de investigación que impiden una mitigación y adaptación efectivas. Una laguna principal es la limitada comprensión mecanicista del estrés térmico en los crustáceos decápodos. Las temperaturas elevadas afectan el crecimiento, la muda y la supervivencia, pero los procesos moleculares y celulares subyacentes no están claros. El estrés térmico afecta la inmunidad, pero su exacerbación de los brotes de enfermedades está poco explorada; los trabajos futuros deben examinar los efectos de la temperatura en la persistencia de patógenos, la virulencia y las interacciones huésped-patógeno para una mejor gestión de las enfermedades.

Otra laguna se refiere a la tolerancia térmica específica de cada especie y etapa de vida. Existen umbrales para algunas especies, pero a menudo cubren etapas individuales o rangos estrechos. Se necesitan datos completos sobre las respuestas de larvas, juveniles y adultos para una gestión adaptada, junto con estudios de las consecuencias ecológicas y económicas, como la alteración de la dinámica depredador-presa, los cambios en la red trófica y las modificaciones en la distribución de las especies.

Persiste un conocimiento limitado sobre los umbrales térmicos específicos de cada especie para la supresión de la acción dinámica específica (SDA) y la asimilación de nutrientes en todas las etapas de la vida. Los estudios suelen abordar las respuestas a corto plazo en pocas especies, descuidando las adaptaciones a largo plazo, la variación interespecífica y los impactos en la eficiencia digestiva y metabólica en condiciones fluctuantes o de policultivo.

Las inconsistencias metodológicas – muestras pequeñas, protocolos de aumento de temperatura variables, exposiciones breves y falta de replicación relevante en el campo – dificultan las generalizaciones. Las diferencias en la calidad del agua, la dieta, la etapa de muda y la genética complican las comparaciones. Son esenciales los diseños factoriales estandarizados y a largo plazo que reflejen los entornos comerciales.

Para abordar estas lagunas de investigación, las principales direcciones futuras incluyen el desarrollo de modelos robustos de tolerancia térmica específicos para cada especie que integren datos ecológicos, de desarrollo y fisiológicos para estrategias de adaptación precisas. Las herramientas biotecnológicas como el ARN de interferencia (ARNi) son prometedoras para aumentar la resistencia a las enfermedades bajo estrés térmico, pero requieren una mayor evaluación de su viabilidad, escalabilidad y seguridad ambiental en la acuicultura, especialmente para los organismos genéticamente modificados (GMOs).

El monitoreo a largo plazo y a gran escala de las fluctuaciones de temperatura y sus impactos biológicos es fundamental para una gestión adaptativa. Los marcos normativos deben apoyar a los pequeños productores en la implementación de tecnologías y prácticas resilientes al clima para garantizar una adaptación inclusiva. La investigación futura debe pasar de enfoques centrados en un solo factor de estrés a marcos multifactoriales, ya que los crustáceos se enfrentan simultáneamente a estrés por temperatura, salinidad e hipoxia, con efectos sinérgicos o antagónicos.

Se necesitan experimentos multifactoriales y modelos de sistemas para evaluar los impactos combinados en el metabolismo, la muda, la inmunidad y las enfermedades en las diferentes etapas de vida. La integración de análisis de microbiota y expresión génica podría revelar respuestas adaptativas, lo que permitiría diseñar intervenciones específicas.

Finalmente, las tecnologías de adaptación al clima – como los sistemas de acuacultura de recirculación (RAS), la acuacultura multitrófica integrada (IMTA) y la tecnología de biofloc (BFT) – muestran potencial, pero persisten las deficiencias en cuanto a viabilidad económica, escalabilidad y efectos ecológicos a largo plazo en diferentes contextos. Priorizar las evaluaciones en diversos escenarios climáticos guiará la adopción de estas tecnologías en función del contexto.

Perspectivas

El aumento de la temperatura del agua asociado al cambio climático representa una amenaza considerable para la acuacultura de crustáceos, afectando tanto al rendimiento biológico como a la estabilidad del sistema. Las temperaturas elevadas incrementan las tasas metabólicas, la demanda de oxígeno y el estrés oxidativo, lo que a menudo reduce la eficiencia alimenticia y el crecimiento. Si bien la frecuencia de la muda puede aumentar bajo estrés térmico, esto suele ir acompañado de una menor ganancia de tamaño, un mayor gasto energético y una menor supervivencia. El estrés inducido por la temperatura también altera el comportamiento alimentario e interrumpe las respuestas inmunitarias, aumentando la susceptibilidad de los crustáceos de cultivo a los brotes de enfermedades.

Además, el calentamiento de los ambientes acuáticos exacerba la hipoxia y degrada la calidad del agua, lo que perjudica aún más la función fisiológica y dificulta la producción. Estos efectos derivados de la temperatura se extienden más allá de los organismos individuales, influyendo en la disponibilidad de larvas, la distribución de las especies y el equilibrio ecológico de los sistemas de acuicultura. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias de adaptación específicas. Si bien las tecnologías innovadoras y los sistemas de cultivo integrados ofrecen posibles soluciones, su éxito depende de la idoneidad para cada especie, la viabilidad económica y la implementación adaptada a cada contexto.

En definitiva, mejorar la resiliencia de la acuicultura de crustáceos ante el estrés térmico inducido por el cambio climático requerirá una combinación de una mejor comprensión de las respuestas fisiológicas, la aplicación responsable de las tecnologías emergentes y prácticas de gestión adaptativas adaptadas a las realidades ecológicas y socioeconómicas locales.

Authors



VIRAJ VISHAKHA YESHWANT DAUNDE

Center of Excellence in Wildlife, Exotic, and Aquatic Animal Pathology, Faculty of Veterinary Science,
Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand



MANOJ TUKARAM KAMBLE

Center of Excellence in Wildlife, Exotic, and Aquatic Animal Pathology, Faculty of Veterinary Science,
Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand



BALASAHEB RAMDAS CHAVAN

College of Fisheries, Dr. Balasaheb Sawant Konkan Agricultural University, Dapoli, Ratnagiri, 415
629, India



GARGI KASHMIRA RAJESH PALEKAR

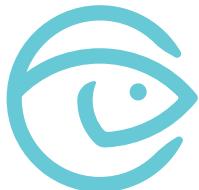
Center of Excellence in Wildlife, Exotic, and Aquatic Animal Pathology, Faculty of Veterinary Science,
Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand

**SANGHARSH HIMMAT TAYADE**

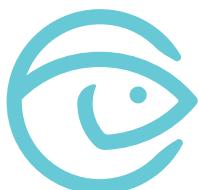
Center of Excellence in Wildlife, Exotic, and Aquatic Animal Pathology, Faculty of Veterinary Science,
Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand

**ARANYA PONPORNPIST**

Department of Veterinary Medicine, Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University,
Bangkok, 10330, Thailand

**KIM D. THOMPSON**

Moredun Research Institute, Midlothian, United Kingdom

**SEEMA VIJAY MEDHE**

ASEAN Institute for Health Development, Mahidol University, Salaya, Putthamonthon, Nakhon
Pathom, 73170, Thailand

**NOPADON PIRARAT**

Corresponding author
Center of Excellence in Wildlife, Exotic, and Aquatic Animal Pathology, Faculty of Veterinary Science,
Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand

nopadon.p@chula.ac.th (mailto:nopadon.p@chula.ac.th)

Copyright © 2025 Global Seafood Alliance

All rights reserved.