



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



Reseña de Captura y Cultivo: ¿Son aplicables las correlaciones genéticas con los rasgos reproductivos del camarón blanco del Pacífico?

16 February 2026

By Darryl E. Jory, Ph.D.

Investigadores Chinos examinan la heredabilidad de los rasgos de desove en hembras de camarón a lo largo de dos generaciones



Esta investigación proporciona la primera evaluación genética cuantitativa multigeneracional de los rasgos reproductivos de las hembras de camarón blanco del Pacífico, mantenidas en condiciones uniformes libres de patógenos específicos (SPF). Foto de hembras maduras de *P. vannamei* por Darryl Jory.

¿Está el sector camaronero de China limitado por las hembras que no desovan? Un [estudio](#) (<https://doi.org/10.3390/ani16020235>) realizado por Xianhong Meng y sus colaboradores en China abordó los cuellos de botella reproductivos en el camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*), la principal especie de camarón cultivada a nivel mundial, e informó que las altas tasas de hembras que no desovan continúan limitando la eficiencia en las criaderos de *P. vannamei*.

Su investigación proporciona la primera evaluación genética cuantitativa multigeneracional de los rasgos reproductivos de las hembras de camarón blanco del Pacífico, mantenidas en condiciones uniformes libres de patógenos específicos (SPF). Examinaron 986 hembras de dos generaciones sucesivas (2021-2022), que representaban 198 familias de hermanos completos y 68 familias de medios hermanos.

Los rasgos medidos fueron la frecuencia de desove (SF), el intervalo medio entre desoves (MSI), el número de huevos en el primer desove (NE1), el número promedio de huevos por desove (AS), el total de huevos desovados (TS) y el éxito del desove (SS, registrado como un rasgo binario). La heredabilidad fue moderada para SF ($0,30 \pm 0,06$), TS ($0,28 \pm 0,07$) y SS ($0,23 \pm 0,06$), pero baja para MSI, NE1 y AS (con valores entre 0,10 y 0,16). Cuando se estimó por separado para cada generación, los valores de heredabilidad disminuyeron notablemente para la mayoría de los rasgos en la segunda generación.

Las correlaciones genéticas entre SF, MSI, NE1, AS y TS fueron fuertemente positivas, con valores entre 0,82 y 0,99, lo que sugiere un alto grado de influencia genética común en estos rasgos. Aunque el rendimiento reproductivo no fue un objetivo directo de selección, los seis rasgos mostraron una mejora genética relativa sustancial por generación (246-488 por ciento). Este progreso se explica en gran medida por la intensa presión de selección aplicada a la generación parental fundadora.



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

La industria China de cultivo de camarones requiere más de un millón de parejas reproductoras de *P. vannamei* anualmente para la producción de 1,5 billones de postlarvas, con tasas de no desove reportadas de entre el 14 y el 50 por ciento, lo que reduce la eficiencia. Además, las características reproductivas suelen quedar relegadas en los programas de selección genética, que priorizan el crecimiento o la resistencia a las enfermedades. Los resultados del presente estudio establecen una sólida base genética para incorporar el rendimiento reproductivo de las hembras en los programas de mejora genética de *P. vannamei*, especialmente en entornos bioseguros y libres de patógenos específicos (SPF) que dependen principalmente de alimentos comerciales formulados.

Relevancia de los hallazgos de la investigación para la industria

Los hallazgos de este estudio sobre el rendimiento reproductivo de las hembras de camarón blanco del Pacífico en condiciones libres de patógenos específicos (SPF) tienen un valor práctico considerable para la industria mundial del cultivo de camarones. La ineficiencia reproductiva, en particular las altas tasas de no desove (a menudo entre el 14 y el 61 por ciento en los criaderos), sigue siendo un factor limitante importante, que eleva los costos de los reproductores y reduce la producción de nauplios. En las principales regiones productoras, como China, estos problemas impactan directamente en la eficiencia de los criaderos y en la economía general de la cadena de suministro.

El estudio demuestra una heredabilidad moderada (0,23–0,30) para rasgos clave como la frecuencia de desove (SF), el total de huevos desovados (TS) y el éxito del desove (SS), junto con fuertes correlaciones genéticas positivas (0,82–0,99) entre rasgos relacionados. Esta arquitectura genética permite a los criadores seleccionar uno o dos rasgos fácilmente medibles (por ejemplo, SF o TS) para lograr mejoras significativas en el rendimiento reproductivo, reduciendo la complejidad y los costos del programa, al tiempo que aumenta la productividad con menos hembras.

Cabe destacar que las ganancias genéticas indirectas alcanzaron entre el 246 y el 488 por ciento por generación, incluso sin selección directa sobre la reproducción, debido a la intensa selección parental en el núcleo de cría libre de patógenos específicos (SPF). La integración de estos rasgos en programas de mejora genética multi-característica, especialmente en instalaciones SPF con bioseguridad que dependen de alimentos comerciales, puede mejorar la producción en los criaderos, reducir los gastos operativos (potencialmente entre un 20 y un 30 por ciento gracias a mayores rendimientos de nauplios y menores necesidades de reproductores), mejorar la sostenibilidad y fortalecer la bioseguridad contra enfermedades como el virus del síndrome de la mancha blanca. En general, los resultados proporcionan una base genética sólida para una producción comercial de camarones más eficiente, resiliente y rentable en todo el mundo.

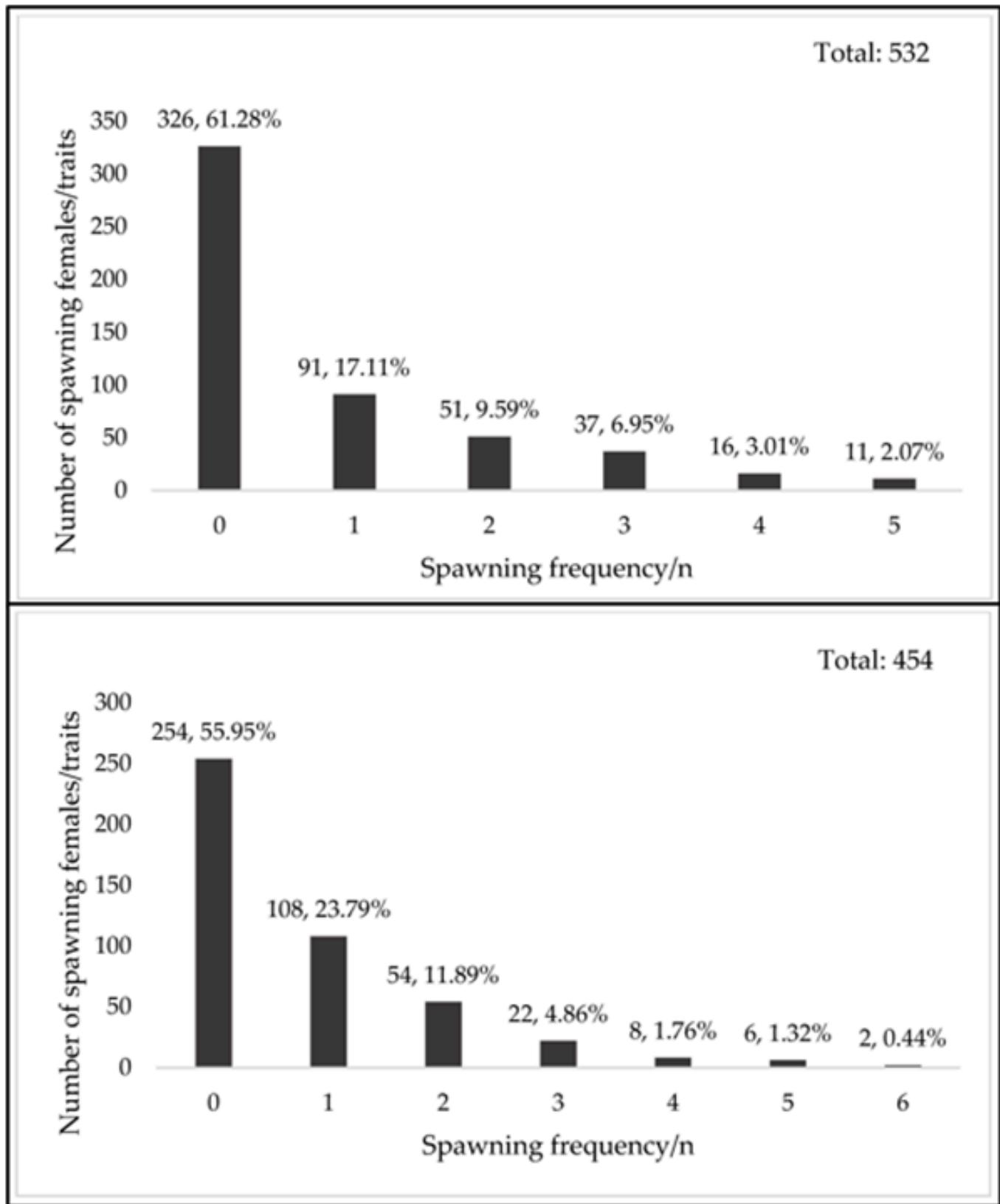


Fig. 1: Frecuencia de desove de las generaciones de 2021 (arriba) y 2022 (abajo). Nota: Los números encima de las barras indican el número de individuos para cada frecuencia de desove y el porcentaje correspondiente del total. Adaptado del original.

Perspectivas

En la práctica, un pequeño número de hembras de rápido desarrollo pueden madurar y desovar antes del establecimiento formal de las familias. Si bien estos eventos tempranos esporádicos no pudieron registrarse con precisión, su impacto es insignificante debido al pequeño número de individuos involucrados.

Las altas estimaciones de heredabilidad para los rasgos reproductivos en 2021 indicaron un potencial considerable de ganancia genética. Aunque la heredabilidad general disminuyó en 2022, los resultados confirman que estos rasgos siguen siendo heredables y adecuados como criterios de selección. Cabe destacar que, a pesar de no haber incluido explícitamente los rasgos reproductivos en el protocolo de selección de los autores, se observó una ganancia genética medible para cada rasgo. El diseño de apareamiento priorizó inadvertidamente a las hembras altamente fértiles como reproductores.

Estos hallazgos demuestran que la incorporación del rendimiento reproductivo como objetivo de mejora genética podría generar mejoras sustanciales en la eficiencia del criadero sin comprometer otros rasgos de interés económico.

Evaluación del efecto de la vitamina C en las características reproductivas y fisiológicas de reproductores machos de camarón blanco del Pacífico



Un estudio demuestra que los reproductores de camarón blanco del Pacífico con buena calidad espermática pueden mejorar las tasas de fertilización y potencialmente aumentar la producción de nauplios.



Global Seafood Alliance

Cómo los biólogos están impulsando la acuacultura sostenible: tecnologías, contribuciones y desafíos emergentes

Los biólogos desempeñan un papel fundamental, desde el trabajo de campo hasta los laboratorios de investigación más avanzados, en el avance de la acuacultura sostenible mediante la gestión integrada de sistemas y la promoción de prácticas responsables en ámbitos clave como la gestión de la salud animal, la mejora genética, las técnicas de reproducción asistida, la conservación de los recursos genéticos acuáticos y la implementación de tecnologías de vanguardia como la biotecnología, la nanotecnología y las herramientas de ingeniería genética. Foto de Darryl Jory.

La acuacultura mundial se ha expandido rápidamente en los últimos años, consolidando a la industria como un proveedor vital de seguridad alimentaria y empleo en todo el mundo. A pesar de su crecimiento, la industria se enfrenta a importantes obstáculos, como los impactos ambientales, los brotes de enfermedades, las deficiencias reproductivas y las limitaciones tecnológicas, que ponen en peligro su viabilidad a largo plazo.

Una [revisión](https://doi.org/10.3390/su18031165) (<https://doi.org/10.3390/su18031165>) reciente realizada por Luis Antonio Espinoza-Ramos y sus colegas de instituciones Peruanas y Chilenas sintetiza la literatura de los últimos 10 a 15 años sobre el importante papel que han desempeñado los biólogos en el apoyo y la promoción del desarrollo de la acuacultura sostenible. La revisión hizo especial hincapié en la integración de la experiencia biológica con la tecnología y las políticas.

Los biólogos asumen un papel fundamental en el avance de la acuacultura sostenible mediante la gestión integrada de sistemas y la promoción de prácticas responsables. La revisión de Espinoza-Ramos sintetiza las principales contribuciones de los biólogos en ámbitos clave: gestión de la salud animal, mejora genética, técnicas de reproducción asistida y conservación de los recursos genéticos acuáticos. También subraya la participación destacada de los biólogos en la implementación de tecnologías de vanguardia como la biotecnología, la nanotecnología y las herramientas de ingeniería genética (incluida la edición genética, como los enfoques basados en CRISPR).

Los autores también examinan las líneas de investigación actuales y emergentes en el campo y enfatizan la necesidad crítica de una educación y formación interdisciplinarias para capacitar a los profesionales para que satisfagan las necesidades cambiantes del sector. En definitiva, destacan la necesidad de una colaboración más estrecha entre la investigación científica, la innovación tecnológica y los marcos de políticas públicas para garantizar el futuro de la acuacultura.

Según los autores, fortalecer las contribuciones de los biólogos es indispensable para abordar eficazmente los desafíos existentes y desarrollar sistemas de producción más eficientes, éticos y ambientalmente sostenibles, capaces de satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos acuáticos.

Fig. 2: Marco conceptual del papel de los biólogos en la acuacultura sostenible. El marco ilustra la función integradora de la experiencia biológica en la acuacultura sostenible. Las subdisciplinas biológicas constituyen una base de conocimientos que influye en la eficiencia de la producción, la sostenibilidad ambiental y el bienestar animal a través de procesos de retroalimentación continua. La innovación tecnológica, la gobernanza y los factores socioeconómicos interactúan bidireccionalmente con la toma de decisiones biológicas, lo que subraya el papel de los biólogos como mediadores entre el conocimiento científico, las prácticas operativas y los objetivos de sostenibilidad, en lugar de ser meros contribuyentes técnicos aislados. Adaptado del original.

Relevancia de los hallazgos de la investigación para la industria

Los hallazgos de la investigación de esta revisión ofrecen un valor altamente práctico para la industria acuícola mundial. Con una producción que supera los 130 millones de toneladas anuales, superando a la pesca extractiva, y un valor de primera venta que alcanza cientos de miles de millones de dólares estadounidenses, el sector se enfrenta a presiones derivadas del impacto ambiental, los brotes de enfermedades y la creciente demanda de una producción sostenible y eficiente.

Los biólogos impulsan avances clave que mejoran directamente el rendimiento y la viabilidad de la industria. En genética y reproducción, la cría selectiva y la edición genética CRISPR-Cas9 mejoran las tasas de crecimiento (por ejemplo, ganancias del 20-30 por ciento en especies como la tilapia y el salmón), la resistencia a las enfermedades, la eficiencia alimentaria y la adaptabilidad ambiental, al tiempo que reducen la dependencia de los antibióticos y las pérdidas por mortalidad. Las herramientas desarrolladas por biólogos reducen los costos operativos y aumentan los rendimientos en toda la cadena de valor, desde los reproductores hasta la cosecha.

Las contribuciones a la gestión de enfermedades, a través de diagnósticos moleculares (como la reacción en cadena de la polimerasa, o PCR; y la secuenciación de próxima generación, o NGS, también muy relevante en la investigación genética), vacunas, probióticos y alternativas como los bacteriófagos, pueden ayudar a controlar los brotes (por ejemplo, en el cultivo de camarones y salmón), minimizar la resistencia a los antimicrobianos y apoyar los protocolos de bioseguridad esenciales para los sistemas de producción de alta densidad.

Los beneficios para la sostenibilidad ambiental surgen de la acuacultura multitrófica integrada (IMTA), los sistemas de recirculación (RAS) y el monitoreo mediante IoT/IA, que optimizan el uso de los recursos, reducen la descarga de nutrientes (nitrógeno/fósforo) y disminuyen los índices de conversión alimenticia, lo que se alinea con las certificaciones y reduce la huella ecológica.

Las tecnologías emergentes como blockchain para la rastreabilidad generan confianza en el consumidor y facilitan el acceso al mercado, mientras que abordar desafíos como la resiliencia climática y la edición genética ética garantiza la viabilidad a largo plazo. En general, estas innovaciones lideradas por biólogos promueven una acuacultura resiliente, rentable y respetuosa con el medio ambiente, lo que contribuye a alcanzar los objetivos de seguridad alimentaria mundial en medio del crecimiento continuo proyectado para 2025–2030.

Fig. 3: Evolución del papel de los biólogos en la acuacultura. Adaptado del original.

Perspectivas

Los biólogos son agentes de cambio clave en el desarrollo de una acuacultura sostenible, resiliente e innovadora. Su formación les permite abordar de forma integral los desafíos sanitarios, reproductivos, ambientales y tecnológicos. Su papel es insustituible, desde el laboratorio hasta el campo y desde la investigación básica hasta las políticas públicas.

Los futuros biólogos liderarán la integración de la edición genética, la nanotecnología y la inteligencia artificial para desarrollar cepas resistentes al cambio climático, haciendo hincapié en la supervisión ética para mitigar los riesgos no deseados. Desafíos como la resistencia a los antibióticos y la pérdida

de biodiversidad exigen una vigilancia avanzada y enfoques de economía circular. Una mejor formación y redes globales fomentarán la innovación, con políticas que promuevan la acuacultura multitrófica integrada (IMTA) y diversas certificaciones.

El futuro de la acuacultura dependerá en gran medida de cómo se articule el conocimiento biológico con las necesidades sociales, económicas y ambientales. Para lograrlo, es crucial fortalecer la formación científica, promover la investigación aplicada y garantizar la participación activa de los biólogos en todos los niveles de la cadena de valor de la acuacultura.

Dinámica del Virus de la Tilapia de Lago y control de brotes mediante vacunación en sistemas de recirculación acuícola (RAS)

Los resultados de este estudio indican que la integración de la vacunación con prácticas efectivas de gestión del agua y el monitoreo molecular del agua ofrece una estrategia práctica y no invasiva para la detección temprana y el control de brotes de TiLV en sistemas de acuacultura intensiva, incluida la producción en sistemas RAS. Foto de tilapia en un sistema RAS por Darryl Jory.

Una de las enfermedades más destructivas de la acuicultura de peces de agua dulce en la actualidad es el Virus de la Tilapia del Lago (TiLV), un virus ARN altamente virulento que causa una mortalidad del 20 al 90 por ciento en la tilapia desde su aparición en 2014 en más de 18 países hasta el momento.

Un [estudio](https://doi.org/10.3390/v18010096) (<https://doi.org/10.3390/v18010096>) realizado por Tuchakorn Lertwanakarn y colaboradores en Tailandia y el Reino Unido aborda el TiLV, responsable de importantes eventos de mortalidad en sistemas de producción de tilapia en aguas abiertas. Sin embargo, el virus también

puede establecerse y persistir en sistemas cerrados e intensivos, como los sistemas de recirculación acuícola (RAS), donde la exposición repetida y la acumulación ambiental pueden amplificar las infecciones y prolongar los brotes.

En su estudio de caso de campo, los investigadores realizaron tres experimentos para investigar la dinámica del TiLV en tilapia del Nilo criada en sistemas RAS. En el primer experimento, midieron las concentraciones de TiLV en hígados de peces, agua de estanque y sedimentos en condiciones de brote y sin brote. Los resultados mostraron cargas virales significativamente más altas en el tejido hepático y el agua durante los brotes, con fuertes correlaciones positivas entre los niveles de TiLV en el agua y las tasas de mortalidad de los peces.

Su segundo experimento consistió en un ensayo controlado comparativo para evaluar la eficacia de una vacuna contra el TiLV y su influencia en la diseminación viral y las cargas ambientales. Los peces vacunados mostraron una mortalidad acumulada notablemente reducida (16,7 por ciento) en comparación con los controles no vacunados (37,7 por ciento), lo que corresponde a una supervivencia relativa del 55,6 por ciento. Las concentraciones de TiLV en el agua también fueron significativamente menores en los estanques vacunados.

En el tercer experimento, se compararon los patrones de acumulación de TiLV entre sistemas RAS y sistemas no RAS (de flujo continuo o intercambio parcial). Las operaciones no-RAS mostraron una acumulación viral limitada en el agua y una menor duración de los brotes.

En conjunto, los hallazgos del estudio demuestran una estrecha relación entre los niveles de TiLV en el agua de cultivo y la gravedad de la enfermedad en las piscifactorías de tilapia basadas en sistemas RAS. La recirculación continua promueve la persistencia y acumulación viral dentro del sistema, lo que resulta en brotes más prolongados, mientras que el intercambio o la descarga regular de agua en sistemas no RAS mantiene cargas virales más bajas y permite una recuperación más rápida.

La vacunación mejoró la supervivencia de los peces y redujo la liberación del virus al medio ambiente, disminuyendo así la presión de infección general. Estos resultados indican que la integración de la vacunación con prácticas eficaces de gestión del agua y el monitoreo molecular del agua ofrece una estrategia práctica y no invasiva para la detección temprana y el control de los brotes de TiLV en sistemas de acuacultura intensiva.

Relevancia de los hallazgos de la investigación para la industria

El TiLV representa una grave amenaza para los productores de tilapia en todo el mundo. La tilapia es una fuente fundamental de proteína asequible, especialmente en las regiones en desarrollo, con importantes implicaciones económicas y para la seguridad alimentaria de los pequeños productores y las empresas comerciales.

"Estrategias de prevención y control de infecciones virales en tilapia de cultivo
(<https://www.globalseafood.org/advocate/estrategias-de-prevencion-y-control-de-infecciones-virales-en-tilapia-de-cultivo/>)"

En cuanto a los hallazgos específicos de los sistemas de recirculación acuícola (RAS), estos sistemas de producción se están adoptando cada vez más a nivel mundial para la producción intensiva y sostenible de tilapia (mayores densidades, mejor bioseguridad, eficiencia en el uso del agua). Sin embargo, el estudio demuestra que la recirculación continua del agua permite que el TiLV se acumule y

persista en el sistema (por ejemplo, en el agua y como reservorios ambientales), lo que provoca brotes prolongados, mayores cargas virales en el agua (hasta ~53.000 copias/100 ml durante los brotes, frente a niveles basales más bajos), correlaciones más fuertes entre los niveles de TiLV en el agua y la mortalidad de los peces, y una exposición más grave o repetida en comparación con los sistemas que no son RAS (de flujo continuo). Esto pone de manifiesto una vulnerabilidad en los sistemas RAS que podría afectar a las operaciones de acuacultura intensiva en expansión en todo el mundo.

En cuanto al impacto de la vacunación, mediante el uso de una vacuna de inmersión basada en nanopartículas de quitosano (dirigida al segmento 4 del TiLV), el estudio demostró su eficacia práctica en los sistemas RAS: redujo la mortalidad acumulada de aproximadamente el 37,7 por ciento (sin vacunar) al 16,7 por ciento (vacunados), logrando una supervivencia relativa del 55,6 por ciento, al tiempo que redujo significativamente la eliminación del virus en el agua ($p = 0,0039$). Esto reduce la presión de infección ambiental y la duración/intensidad de los brotes en sistemas cerrados. La vacunación, combinada con la monitorización no invasiva del agua (por ejemplo, ddPCR para la detección temprana), ofrece una estrategia integrada viable para el control de los brotes.

En general, esta investigación es de gran relevancia, ya que aborda un desafío clave en la acuacultura moderna de tilapia: el manejo del TiLV en entornos RAS intensivos, donde los sistemas abiertos tradicionales son los que se estudian con mayor frecuencia. Al demostrar que la vacunación puede mitigar la acumulación viral y mejorar la supervivencia y los resultados, respalda una mayor adopción de herramientas preventivas para salvaguardar la producción mundial de tilapia, reducir las pérdidas económicas y mejorar la bioseguridad en una industria en crecimiento y sensible al comercio. Los hallazgos podrían servir de base para el desarrollo de vacunas, el diseño y la gestión de los sistemas RAS (por ejemplo, una mejor bioseguridad y desinfección) y las políticas para el control del TiLV en las principales regiones productoras.

Fig. 4: Concentraciones de TiLV en el agua de los estanques de cría en la fase inicial (antes de la siembra) y durante el cultivo en (A) sistema de acuicultura de recirculación (RAS) con brote, (B) RAS sin brote, (C) RAS con brote, (D) RAS con brote y lotes no vacunados y (E) RAS con brote y lotes vacunados. Para el grupo sin brote (B), las muestras se recolectaron según el calendario histórico de referencia de la granja. Las barras representan los valores medios y las barras de error indican el error estándar de la media (SEM). La línea discontinua

representa el límite de detección (LOD): 36 copias por 100 ml. Los asteriscos (*) indican diferencias significativas ($p < 0,05$) en comparación con los valores previos a la siembra. Las muestras se recolectaron los días 1, 4, 7 y 14 después del inicio del brote. Adaptado del original.

Perspectivas

El estudio de campo realizado en un sistema comercial de acuacultura de recirculación (RAS) demostró que la combinación de vacunación con el monitoreo molecular del agua constituye un enfoque altamente efectivo para controlar los brotes del virus de la tilapia del lago (TiLV).

El uso del método ddPCR de alta sensibilidad (un método de PCR digital que permite la medición de miles de eventos de amplificación independientes en una sola muestra) para cuantificar el ARN del TiLV en el agua reveló una fuerte correlación entre los niveles virales en el ambiente y la progresión de la infección y las tendencias de mortalidad en la población de peces. Esto subraya la importancia de la vigilancia ambiental como un indicador confiable de la dinámica de la enfermedad.

La vacunación mejoró significativamente la supervivencia de los peces, alcanzando una supervivencia relativa del 55,6 por ciento, al tiempo que disminuyó la carga viral de TiLV tanto en los peces como en el agua circundante. Estos resultados demuestran que la vacuna proporciona protección directa a los peces individualmente y, al reducir la diseminación viral, también disminuye la presión de infección general dentro del sistema RAS.

A diferencia de los sistemas de flujo continuo, las concentraciones de TiLV en el agua se mantuvieron consistentemente elevadas en los sistemas de recirculación. Esto indica que la reutilización del agua puede promover la acumulación viral y aumentar los riesgos de infección, particularmente cuando el mantenimiento del sistema y los protocolos de desinfección son insuficientes.

Por lo tanto, la gestión eficaz de los sistemas RAS es fundamental, no solo para mantener una alta productividad, sino también para evitar que estos sistemas se conviertan en reservorios a largo plazo de patógenos persistentes en la acuacultura intensiva.

Author



DARRYL E. JORY, PH.D.

Editor Emeritus

darryl.jory@globalseafood.org (mailto:darryl.jory@globalseafood.org.)

Copyright © 2026 Global Seafood Alliance

All rights reserved.