



ALLIANCE™

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



Health &
Welfare

Reseña de Captura y Cultivo: ¿Se transmite la enfermedad AHPND del camarón por un patógeno transportado por el aire?

20 January 2026

By Darryl Jory, Ph.D.

Se demostró la propagación por vía aérea del patógeno causante de la AHPND en la acuicultura de camarones



Los aireadores mecánicos son cruciales en la producción de bioaerosoles, y la transmisión por vía aérea probablemente desempeña un papel importante en la rápida propagación de enfermedades entre estanques, particularmente en sistemas abiertos expuestos al viento. Este estudio de prueba de concepto representa un gran avance en la comprensión de la epidemiología de VpAHPND, ya que verifica una vía de transmisión que anteriormente se había subestimado. Foto de Darryl Jory.

Un **estudio** (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741923>) realizado por A.P. Shinn y sus colegas ha proporcionado la primera evidencia empírica de que *Vibrio parahaemolyticus* toxigénico (VpAHPND), el agente causal de la enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), puede ser aerosolizado desde estanques de camarones contaminados y transmitido a distancia por el viento, lo que representa un riesgo significativo para la bioseguridad de los productores de camarones.

La AHPND, causada por cepas de *V. parahaemolyticus* que portan genes de toxinas, provoca necrosis hepatopancreática rápida y alta mortalidad en el camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*). Conocida como Síndrome de Mortalidad Temprana antes de que se identificara el agente causal de la enfermedad, este patógeno fue responsable de pérdidas de decenas de miles de millones de dólares entre 2010 y 2016.

Los autores realizaron cuatro ensayos experimentales controlados utilizando aireación para simular las condiciones de los estanques. En estos experimentos, los tanques donantes se inocularon con VpAHPND y se generaron aerosoles mediante aireadores de paletas. Se capturaron bacterias viables en

placas de tiosulfato-citrato-sales biliares-sacarosa (TCBS) colocadas a distancias crecientes (hasta 20 metros) y en diferentes direcciones con respecto al viento.

Los resultados mostraron que los aerosoles cargados de VpAHPND permanecieron viables en el aire y pudieron diseminarse a áreas receptoras hasta 20 metros de distancia, con una extrapolación que sugiere una posible propagación de hasta ~73 metros. Una barrera de lona de 1,5 metros redujo, pero no impidió, la transmisión, ya que se detectaron colonias hasta 5,5 metros más allá de la barrera.



(<https://bspcertification.org/>).

Para evaluar las medidas de mitigación, el estudio analizó diversas medidas de protección: la combinación de pantallas con dos capas de malla de sombreado al 85 por ciento redujo la propagación bacteriana entre 20 y 30 veces en comparación con los controles sin protección. La validación en campo, realizada en una granja camaronera comercial, confirmó la presencia de bioaerosoles con VpAHPND alrededor de un estanque infectado, mediante el uso de placas de agar TCBS estratégicamente colocadas.

Los aireadores mecánicos desempeñan un papel clave en la generación de bioaerosoles. La transmisión aérea probablemente contribuye a la rápida propagación de la enfermedad entre estanques, especialmente en sistemas abiertos y expuestos al viento. Los resultados también destacan las limitaciones de las prácticas actuales de bioseguridad y la necesidad de mejorar la gestión del flujo de aire y el control de insectos en los sistemas de cultivo de camarones interiores o semicerrados.

Relevancia de los hallazgos de la investigación para la industria

La industria mundial de la acuicultura de camarones produce más de 6 millones de toneladas de *P. vannamei* anualmente y, sin embargo, sigue enfrentando pérdidas económicas masivas debido al AHPND y otras enfermedades relacionadas con *Vibrio*. La transmisión aérea explica por qué los brotes a menudo ocurren simultáneamente en diferentes granjas a pesar de las estrictas medidas de bioseguridad del agua y el alimento, particularmente en los sistemas de estanques abiertos de alta densidad, prevalentes en Asia y América Latina.

Para los acuacultores y operadores, el estudio subraya la necesidad de reevaluar la distribución y el diseño de las granjas: espaciar más los estanques, utilizar cortavientos o adoptar sistemas de recirculación interiores con flujo de aire controlado para reducir los riesgos de contaminación cruzada. La eficacia demostrada de las mallas de sombreado y las pantallas ofrece intervenciones prácticas y de bajo costo que podrían reducir las tasas de infección sin necesidad de grandes cambios en la infraestructura.

La confirmación de la propagación por aerosoles también tiene implicaciones para los organismos reguladores y los programas de certificación, que podrían necesitar incorporar el monitoreo de patógenos transmitidos por el aire en sus estándares de bioseguridad. Los laboratorios, criaderos y maternidades, donde las poslarvas de camarón son altamente susceptibles, son los que más se beneficiarían, ya que la prevención de infecciones tempranas podría mejorar las tasas de

supervivencia. En general, estos hallazgos respaldan un cambio hacia estrategias de bioseguridad proactivas y multifacéticas, lo que podría ahorrar millones en pérdidas y mejorar la sostenibilidad en medio de la creciente resistencia a los antibióticos en las cepas de *Vibrio*.

Perspectivas

Este estudio de prueba de concepto representa un avance significativo en la comprensión de la epidemiología de VpAHPND al confirmar una vía de transmisión previamente subestimada. Investigaciones futuras deberían cuantificar las cargas de aerosoles en condiciones reales, considerando diferentes velocidades del viento, humedad y temperaturas, y explorar la dispersión a mayor distancia o los patrones estacionales. La integración de herramientas moleculares (por ejemplo, qPCR para genes de toxinas en aerosoles) podría permitir un monitoreo rápido.

Desde una perspectiva de gestión, los autores sugieren que la industria debería priorizar enfoques híbridos: combinar barreras físicas con probióticos, bacteriófagos o modulación del microbioma para suprimir *Vibrio* en los estanques de cultivo. Los sistemas interiores o cubiertos podrían resultar más atractivos en zonas de alto riesgo, aunque se necesitan análisis de costo-beneficio. La armonización regulatoria de las directrices de bioseguridad que incluyan la transmisión por aerosoles podría acelerar su adopción.

En definitiva, reconocer la transmisión aérea como un factor de riesgo clave refuerza la necesidad de una gestión integrada de enfermedades, reduciendo la dependencia de los antibióticos y promoviendo una producción de camarones resiliente y respetuosa con el medio ambiente. Dado que el cambio climático podría aumentar la dispersión por el viento, estos hallazgos impulsan la innovación oportuna para salvaguardar la acuicultura mundial de camarones.

Una revisión de las ventajas y los obstáculos de las aplicaciones del internet de las cosas (IoT) en la acuicultura

Una **revisión sistemática de la literatura** (<https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1590153>) realizada por María Claudia Bonfante Rodríguez et al. analiza 38 artículos revisados por pares de la base de datos Dimensions para evaluar el papel del Internet de las Cosas (IoT), que describe objetos físicos equipados con sensores, capacidad de procesamiento, software y otras tecnologías que se conectan e intercambian datos con otros sistemas, dispositivos y redes de comunicación en línea, dentro de la cadena de valor de la acuicultura.

El estudio utilizó una metodología por fases: definición de preguntas de investigación sobre las contribuciones de la Industria 4.0 (que describe los rápidos avances tecnológicos del siglo XXI); arquitecturas de IoT para el monitoreo de la calidad del agua y desafíos de implementación; búsqueda con palabras clave; aplicación de criterios de inclusión/exclusión; evaluación de la calidad; y síntesis de los hallazgos.

Los resultados indican que el monitoreo manual tradicional de la calidad del agua suele ser ineficiente, requiere mucha mano de obra y es propenso a errores, lo que a menudo provoca alta mortalidad y riesgos ambientales. El IoT puede abordar estos problemas conectando sensores, redes y plataformas en la nube para la recopilación de datos en tiempo real y la toma de decisiones.



El monitoreo manual convencional de la calidad del agua suele ser ineficiente, requiere mucha mano de obra y es susceptible a errores. El IoT puede abordar estos problemas integrando sensores, redes de comunicación y sistemas en la nube para permitir la adquisición de datos en tiempo real y la toma de decisiones informadas. Foto de Darryl Jory.

Diversas aplicaciones clave de IoT pueden centrarse en el monitoreo de la calidad del agua (oxígeno disuelto, temperatura, pH, turbidez, salinidad, nitrito), y una arquitectura común de IoT de cuatro capas puede incorporar las siguientes capas:

- Capa de percepción: sensores y controladores con actuadores como aireadores, alimentadores y bombas.
- Capa de red: protocolos inalámbricos (Wi-Fi, entre otros).
- Capa de plataforma: almacenamiento en la nube y aprendizaje automático para predicciones.
- Capa de aplicación: herramientas para alertas tempranas, gestión de enfermedades y trazabilidad.

Los autores señalan que la integración con inteligencia artificial (IA), visión artificial (por ejemplo, cámaras subacuáticas y aéreas) y blockchain puede mejorar la automatización, el análisis del comportamiento de los organismos cultivados y la transparencia de la cadena de suministro. Los

beneficios incluyen intervenciones precisas y oportunas para reducir la mortalidad, optimizar la alimentación, el crecimiento y el rendimiento, reducir costos, minimizar el impacto ambiental y mejorar la reproducibilidad y la competitividad.

Los desafíos se clasifican en problemas técnicos y socioeconómicos: acceso/diseño limitado de dispositivos; conectividad/transmisión deficiente; limitaciones de almacenamiento/análisis de datos; alto consumo de energía; problemas de calibración de sensores; datos de baja calidad que requieren preprocesamiento; limitaciones de las redes de sensores inalámbricas (duración de la batería, ancho de banda); riesgos de seguridad/privacidad; altos costos de implementación; complejidad de la integración; resistencia cultural; y falta de modelos de negocio adaptados, especialmente para los pequeños productores.

En general, los resultados indican que el IoT presenta una importante oportunidad de crecimiento para el sector. Sin embargo, persisten varios desafíos, incluido el acceso limitado y el diseño de dispositivos, la conectividad inadecuada para la transmisión de datos, las limitaciones de almacenamiento de datos, el alto consumo de energía, los problemas de calibración de sensores y los datos sensoriales de baja calidad que pueden obstaculizar su implementación y la toma de decisiones eficaz.

El estudio concluye que para subsanar esta brecha tecnológica será necesario desarrollar soluciones de hardware y software de bajo costo, pero altamente eficientes, adaptadas a las necesidades específicas de la industria acuícola.

Relevancia de los resultados de la investigación para la industria

La industria acuícola mundial está valorada en más de 300 mil millones de dólares estadounidenses y crece rápidamente para satisfacer la creciente demanda de productos del mar en un contexto de presiones climáticas y sobrepesca. Al catalogar arquitecturas de IoT probadas, los autores han proporcionado modelos para que los operadores implementen el monitoreo en tiempo real, reduciendo las pérdidas de peces por la mala calidad del agua (que a menudo alcanzan entre el 20 y el 50 por ciento en sistemas sin gestión) y disminuyendo los costos operativos mediante la automatización (por ejemplo, alimentadores y aireadores inteligentes).

Para las granjas a gran escala, la integración de IoT con el aprendizaje automático puede respaldar el análisis predictivo de brotes de enfermedades y la alimentación óptima, mejorando el rendimiento y la rentabilidad. Los pequeños y medianos productores en regiones en desarrollo (por ejemplo, América Latina, el Sudeste Asiático) pueden beneficiarse enormemente de los componentes de bajo costo, aunque desafíos como la conectividad y los costos pueden ralentizar la adopción de la tecnología. El énfasis en la tecnología blockchain para la rastreabilidad se alinea con las demandas de los consumidores de productos sostenibles y certificados, así como con los requisitos regulatorios.

La identificación de las barreras insta a las partes interesadas de la industria (productores, proveedores y gobiernos) a priorizar el hardware asequible, los programas de capacitación y los incentivos. Los organismos de certificación podrían incorporar estándares de IoT para las auditorías de sostenibilidad. En general, este análisis respalda una transición hacia la "Acuicultura 4.0", mejorando la resiliencia, la eficiencia de los recursos y la competitividad en un sector que se enfrenta a un riguroso escrutinio ambiental.

Perspectivas

El IoT podría ser una herramienta fundamental para el crecimiento sostenible de la acuicultura, en particular para satisfacer las futuras necesidades de proteínas sin agotar las poblaciones silvestres. La investigación futura debería ir más allá de los datos utilizados para incluir la reciente integración de la inteligencia artificial (IA) y el IoT (por ejemplo, 5G, computación de punta) y proyectos piloto en el mundo real en regiones subrepresentadas como América Latina.

En última instancia, abordar las barreras para un mayor uso del IoT puede democratizar el acceso, fomentando una adopción inclusiva que respalde la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza y la gestión ambiental responsable. Con inversiones específicas, el IoT podría transformar la acuicultura en una industria más resiliente y basada en datos, contribuyendo significativamente a los objetivos de sostenibilidad global para 2030 y más allá.

Las microalgas son un ingrediente sostenible y multifuncional para alimentos acuícolas ecológicos

Vimala Balasubramaniam y colegas **examinaron** (<https://doi.org/10.3390/aquacj5030014>) recientemente el potencial de las microalgas como ingrediente sostenible y multifuncional en alimentos acuícolas, sintetizando la literatura reciente sobre el perfil nutricional, los compuestos bioactivos y las aplicaciones prácticas de las microalgas en el cultivo de peces y camarones, al tiempo que abordaron los desafíos de producción y formulación.

Las microalgas (por ejemplo, *Spirulina*, *Chlorella*, *Nannochloropsis*, *Schizochytrium*, *Haematococcus*) son excelentes candidatas para ingredientes de alimentos acuícolas debido a su alto contenido de proteínas (30-70 por ciento), aminoácidos esenciales, lípidos ricos en ácidos grasos poliinsaturados omega-3 (PUFAs como EPA y DHA), pigmentos (astaxantina, luteína), vitaminas, minerales y compuestos bioactivos (polisacáridos, antioxidantes). Estas propiedades las convierten en sustitutos o suplementos prometedores para la harina de pescado, el aceite de pescado y diversos aditivos.

La revisión analiza varias aplicaciones clave, entre ellas:

- Fuente de proteínas: Sustitución parcial de la harina de pescado (10-50 por ciento) en dietas para especies como el salmón del Atlántico, la trucha arcoíris, la tilapia del Nilo, la lubina europea y el camarón blanco, a menudo sin impacto negativo en el rendimiento del crecimiento y, en ocasiones, con mejores índices de conversión alimenticia (FCR/ICA).
- Enriquecimiento con lípidos y omega-3: *Schizochytrium* y *Nannochloropsis* aumentan el contenido de DHA/EPA en los filetes, mejorando el valor nutricional de los productos del mar de cultivo para el consumo humano.
- Pigmentación: *Haematococcus pluvialis* proporciona astaxantina natural, mejorando el color de la piel y la carne en salmónidos y camarones, a menudo superando a las alternativas sintéticas.
- Beneficios para la salud: Se han reportado efectos inmunoestimulantes (por ejemplo, mayor actividad de la lisozima, capacidad fagocítica) y resistencia a las enfermedades en múltiples especies cuando se incluyen microalgas en un 5-15 por ciento.
- Ventajas de sostenibilidad: Las microalgas se pueden cultivar utilizando aguas residuales, CO₂ procedente de emisiones industriales o en tierras no cultivables, lo que reduce la presión sobre



Vista aérea de una instalación de cultivo de microalgas a lo largo de la costa de Kona, en la Isla Grande de Hawái (EE. UU.). Foto de Charles H. Greene, Celina M. Scott-Buechler, Arjun L.P. Hausner, Zackary I. Johnson, Xin Gen Lei, Mark E. Huntley (CC BY 4.0; <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, a través de Wikimedia Commons).

las poblaciones de peces silvestres y las tierras de cultivo utilizadas para la soja o las proteínas de plantas terrestres.

Entre los desafíos se incluyen los altos costos de producción (actualmente entre US\$5 y 30 por kg de biomasa seca), la composición variable según la cepa y las condiciones de cultivo, los posibles problemas de palatabilidad a altos niveles de inclusión (>20 por ciento) y la necesidad de romper la pared celular para mejorar la biodisponibilidad de los nutrientes. Los autores también señalan que el consumo de energía para el secado y el procesamiento puede contrarrestar algunos de los beneficios ambientales si no se optimiza (por ejemplo, mediante secado solar o coproducción de extractos de alto valor).

“Gente de moscas: Canadá abre la puerta a las compañías de alimentos a base de insectos (<https://www.globalseafood.org/advocate/gente-de-moscas-canada-abre-la-puerta-a-las-companias-de-alimentos-a-base-de-insectos/>)”

Relevancia de los resultados de la investigación para la industria

Dado que se prevé que la demanda mundial de alimentos acuícolas supere los 70 millones de toneladas para 2030, las microalgas ofrecen una solución escalable y basada en la economía circular.

Para los fabricantes de alimentos, este estudio proporciona niveles de inclusión basados en evidencia y recomendaciones específicas para cada especie, lo que permite una formulación más precisa. Las empresas pueden comercializar alimentos enriquecidos con microalgas como productos de alta calidad con omega-3 naturales, mejor pigmentación y beneficios para la salud, satisfaciendo la demanda de los consumidores de productos del mar sostenibles y nutritivos.

Para los acuacultores, la sustitución parcial de la harina de pescado puede estabilizar los costos de los alimentos a largo plazo a medida que la producción de microalgas se escala y se vuelve más económica. Los productores de camarones y salmón, en particular, se beneficiarán de las fuentes naturales de astaxantina que mejoran el valor de mercado sin necesidad de aditivos sintéticos. La posibilidad de cultivar microalgas utilizando residuos (por ejemplo, efluentes de la acuicultura) también abre oportunidades para sistemas de acuicultura multitrófica integrada (IMTA/AMTI), reduciendo el impacto ambiental y generando fuentes de ingresos adicionales.

En resumen, los autores concluyen que los alimentos acuícolas a base de microalgas pueden ser una solución transformadora, ofreciendo una alternativa nutritiva, sostenible y versátil que puede contribuir a redefinir el panorama de la acuicultura al reducir la presión sobre los recursos marinos y terrestres utilizados actualmente y contribuir a un sistema alimentario global resiliente.

Perspectivas

Las microalgas podrían convertirse en un elemento clave para los piensos acuícolas de próxima generación, pero su adopción generalizada depende de la superación de obstáculos económicos y técnicos. La investigación futura debería centrarse en estrategias de reducción de costes (por ejemplo, ingeniería genética de cepas de alto rendimiento, fotobiorreactores a gran escala o cultivo heterótrofo), la estandarización de la calidad de la biomasa y ensayos de alimentación a largo plazo a escala comercial.

Los modelos de coproducción, que consisten en extraer compuestos de alto valor (astaxantina, betacaroteno, ficocianina) antes de utilizar la biomasa residual como pienso, podrían mejorar considerablemente la viabilidad económica. La integración con sistemas de captura de carbono y tratamiento de aguas residuales también podría generar otros beneficios, como el apoyo político y los créditos de carbono.

Desde la perspectiva de la industria, las alianzas entre productores de microalgas, fabricantes de alimentos y operadores acuícolas serán esenciales para ampliar las cadenas de suministro. Los autores especulan que, si los costes de producción se reducen a US\$1-3 dólares por kilogramo, las microalgas podrían reemplazar entre el 20 y el 40 por ciento de los ingredientes marinos convencionales para 2035, reduciendo significativamente la huella ecológica de la acuicultura y ayudando al sector a alcanzar sus objetivos de sostenibilidad. Su revisión subraya que las microalgas no son solo un ingrediente alternativo, sino un activo estratégico para construir una industria acuícola más resiliente, respetuosa con el medio ambiente y que genere confianza en el consumidor.

Author



DARRYL JORY, PH.D.

Editor Emeritus

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

Copyright © 2026 Global Seafood Alliance

All rights reserved.