Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

Ingeniería de sistemas de biofloc (BFT), acuicultura sostenible y bioseguridad en el cultivo de camarones marinos.

Ingeniería de sistemas de tecnología de biofloc (BFT), acuicultura sostenible y bioseguridad en el cultivo de camarones marinos.

Ingeniería de sistemas de biofloc (BFT), acuicultura sostenible y bioseguridad en el cultivo de camarones marinos.

Luciano Wilson Cabral

Tecnólogo en acuicultura del Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), con formación avanzada en navegación y trabajo de cubierta de la Autoridad Marítima Brasileña (Capitánía de Puerto de Itajaí/SC) y formación teórica y práctica en cultivo en Sistemas de
Bioflóculos (BFT) de la Estación de Acuicultura Marina de la Universidad Federal de Río Grande (EMA/FURG).

Resumen: Este artículo analiza los fundamentos tecnológicos, la dinámica de la calidad del agua y la ingeniería de procesos aplicada al cultivo de camarón marino (Litopenaeus vannamei) en sistemas de biofloc (Tecnología de Biofloc - BFT). Con base en la literatura de ingeniería acuícola, microbiología aplicada y oceanografía biológica, el estudio investiga la manipulación de la relación carbono:nitrógeno (C:N) para el desarrollo de comunidades microbianas heterótrofas y autótrofas. Se discuten la optimización de sistemas de aireación intensiva, el control de desechos nitrogenados tóxicos y los protocolos de bioseguridad necesarios para lograr alta productividad y sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Tecnología de biofloc. Acuicultura sostenible. Cultivo de camarones. Relación carbono-nitrógeno. Calidad del agua.

Resumen: Este artículo analiza los fundamentos tecnológicos, la dinámica de la calidad del agua y la ingeniería de procesos aplicada al cultivo de camarón marino (Litopenaeus vannamei) en sistemas de tecnología de biofloc (BFT). Basado en la ingeniería acuícola, la microbiología aplicada y la oceanografía biológica, el estudio investiga la manipulación de la relación carbono-nitrógeno (C:N) para desarrollar comunidades microbianas heterótrofas y autótrofas. Se discute la optimización de los sistemas de aireación intensiva, el control de los desechos nitrogenados tóxicos y los protocolos de bioseguridad necesarios para lograr un alto rendimiento y la sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: Tecnología de biofloc. Acuicultura sostenible. Cultivo de camarones. Relación carbono-nitrógeno. Calidad del agua.

Introducción

La acuicultura mundial está experimentando una importante transición tecnológica impulsada por
debido a la necesidad de aumentar la producción de proteínas acuáticas sin expandir el uso de la tierra o
agua dulce, además de prevenir la contaminación. Según Avnimelech (2015) y Hargreaves (2013), el
Sistemas tradicionales de acuicultura basados en el cultivo extensivo o semiintensivo.
Presentan altas tasas de intercambio de agua, lo que hace que los entornos sean susceptibles a infecciones por
Patógenos externos y la generación de efluentes eutróficos. Por lo tanto, la aparición de sistemas
El uso intensivo y recirculante se convierte en la vía técnica para maximizar la bioseguridad y...
eficiencia de conversión alimenticia.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

La tecnología de biofloc (BFT) se destaca como un paradigma productivo debido a su uso de
comunidades microbianas capaces de secuestrar continuamente nutrientes en los tanques
peces. Al estimular el crecimiento de bacterias heterótrofas mediante la adición de fuentes de
El sistema BFT transforma el carbono orgánico y el nitrógeno tóxico de los organismos.
proteína microbiana de alta calidad. La ausencia o reducción drástica del intercambio de agua hace que...
un entorno libre de enfermedades virales o bacterianas devastadoras.
Este artículo tiene como objetivo analizar los fundamentos de la ingeniería y los bioprocesos aplicados.
al cultivo de camarones marinos en sistemas de biofloc, basado en referencias
datos teóricos y empíricos consolidados en la ciencia de la acuicultura. Mediante el análisis sistemático de
Balance de masas, control de la relación carbono:nitrógeno (C:N), dinámica de sólidos
En lo que respecta a las medidas suspendidas y la bioseguridad operativa, el objetivo es demostrar que la precisión en el manejo...
La gestión zootécnica y el control biotecnológico del agua son las variables determinantes para la viabilidad.
Aspectos económicos y ambientales del cultivo moderno de camarones.

Metodología

El método utilizado en este estudio se basa en una revisión de la literatura y un análisis de modelos.
Descripciones de acuicultura y microbiología acuática estructuradas por Timmons y Ebeling.
(2013) para el diseño de sistemas de acuicultura intensivos y de recirculación. Los datos serán
recopilados de manuales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Alimentos (FAO) y literatura científica sobre la acuicultura de camarones marinos.
El análisis incluye parámetros físico-químicos y biológicos del agua de cultivo, tales como:
Oxígeno disuelto (OD), potencial de hidrógeno (pH), alcalinidad total, nitrógeno
Amoniaco total (NA), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), sólidos suspendidos totales (TSS) y
el volumen de bioflóculos que se asientan en conos Imhoff (SVI). Estas variables se correlacionaron con
marcos teóricos desarrollados por autores como Boyd (1998) y Wasielesky et al. (2006),
quienes investigan la química del suelo y del agua en la acuicultura y la aplicación de BFT al camarón
marina.

Además, el estudio abordará la eficiencia energética de los sistemas de ventilación y su impacto.
a partir de la introducción de fuentes externas de carbono (como azúcar de caña, salvado de arroz y dextrosa).
Se estudiará el papel de la agregación microbiana en la nutrición suplementaria de los camarones.
abejas marinas sin aguijón (Litopenaeus vannamei) que, mediante la ingestión continua de bioflóculos, minimizan la
Índice de conversión alimenticia (ICA) y dependencia de dietas comerciales de alta calidad.
proteína.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

Capítulo 1: Dinámica microbiológica y manipulación de la relación carbono-nitrógeno (C:N)

La estabilidad y funcionalidad de un sistema BFT dependerá de una gestión adecuada de Dinámica microbiana en el medio acuático. Según Avnimelech (2015), el principio El aspecto fundamental del sistema BFT es el predominio de las bacterias heterótrofas sobre las algas y otras bacterias. Organismos nitrificantes. La asimilación de amoníaco por los heterótrofos es mucho más rápida que por los organismos nitrificantes. proceso de nitrificación convencional, que proporciona la eliminación del nitrógeno tóxico en unas horas.

La manipulación de la relación carbono-nitrógeno es el desencadenante operativo para inducir el proceso. heterótrofo. Como se mencionó anteriormente, el alimento comercial para camarones tiene un bajo contenido de C:N (9:1 a 10:1) y la consiguiente producción de amoníaco en el agua después de la digestión y excreción de Nitrógeno. Para estimular la eliminación de amoníaco por bacterias heterótrofas y la producción de Con la nueva masa microbiana, la relación C:N del agua debe incrementarse mediante un cálculo preciso de Introducción de fuentes de carbono solubles.

La formación de agregados de biofloc resulta de la interacción entre bacterias, microalgas, protozoos, rotíferos, nematodos y materia orgánica en suspensión, unidos por Polímeros extracelulares producidos por los propios microorganismos. Estos cúmulos de Los bioflóculos, con un diámetro que oscila entre 0,1 y 2,0 milímetros, funcionan como partículas nutritivas. organismos flotantes ricos en proteínas crudas, lípidos, minerales y vitaminas. Los camarones marinos, siendo Este organismo, que se alimenta por filtración y es detritívoro, consume activamente estas escamas a lo largo del día. El control de la alcalinidad total y del pH es un requisito fundamental durante la estequiometría. BFT. El proceso de asimilación heterótrofa y, posteriormente, el proceso de nitrificación. Consumen grandes cantidades de iones de carbonato y bicarbonato del agua, lo que provoca una bajada de la presión arterial. de alcalinidad y reducción del pH. Corrección continua del medio con la adición de El bicarbonato de sodio o el hidróxido de calcio mantienen la alcalinidad por encima de los 120 miligramos. de $CaCO_3$ por litro, asegurando la estabilidad del sistema tampón y la integridad fisiológica del animales.

Se puede concluir que dominar el equilibrio carbono:nitrógeno es la base del cultivo BFT. La transformación biotecnológica de los desechos metabólicos en bioflóculos comestibles convierte un efluente tóxico en alimentos naturales, optimizando la eficiencia del cultivo y reduciendo el Impacto ambiental del cultivo de camarones.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

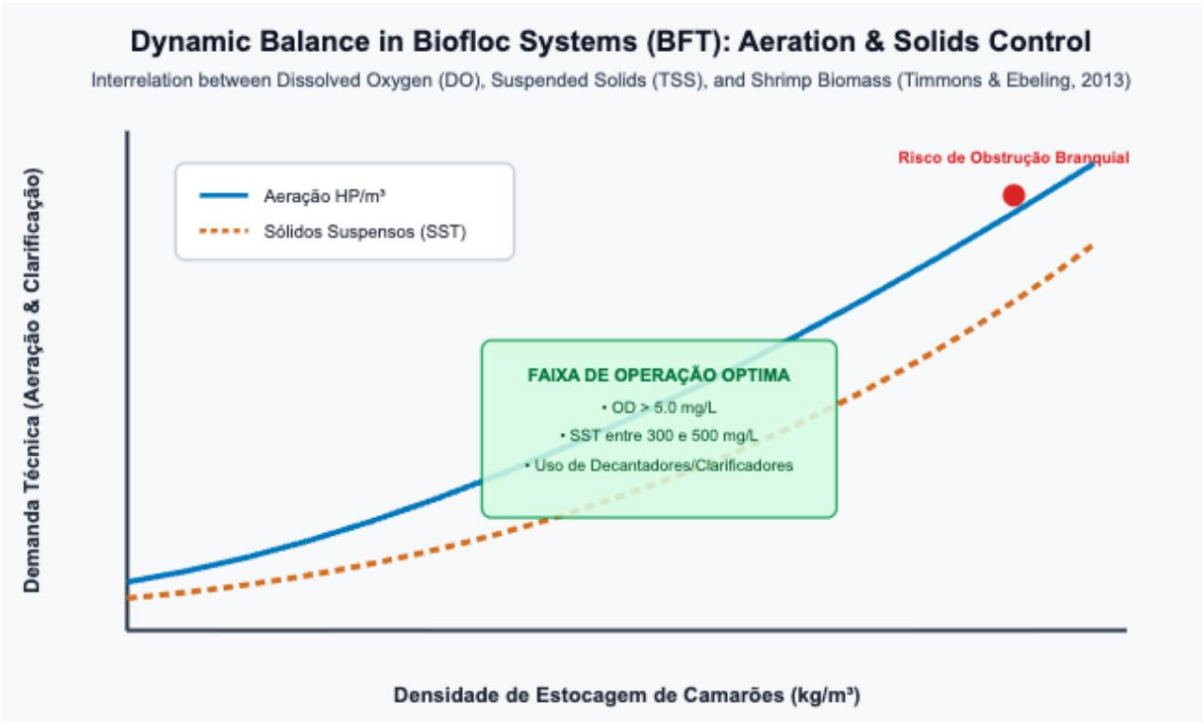
Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

Capítulo 2: Ingeniería de aireación intensiva, dimensionamiento y gestión del flujo

Sólidos

El mantenimiento de un sistema de biofloc requiere una infraestructura de aireación y circulación.
Agua diseñada con rigurosos estándares de ingeniería. Como señalan Timmons y Ebeling (2013),
La biomasa total presente en un tanque BFT no se limita a los camarones cultivados, sino que
Comprende miles de millones de microorganismos respiradores por metro cúbico de agua. La demanda
El consumo de oxígeno por parte de las bacterias suele superar la tasa de respiración del propio organismo.
Los organismos acuáticos son vulnerables, por lo que cualquier fallo en el sistema de aireación supone un riesgo letal e inmediato.
El diseño del sistema de aireación debe cumplir dos funciones esenciales simultáneamente:
para proporcionar suficiente oxígeno para mantener los niveles de oxígeno disuelto (OD) por encima de 5,0 miligramos por litro y
generar energía de mezcla capaz de mantener todos los sólidos orgánicos e inorgánicos en
Suspensión continua. La aparición de zonas muertas de sedimentación en el fondo del tanque conduce a
anaerobiosis, generando focos de fermentación metanogénica y acumulación de gas sulfuro de hidrógeno (H2S),
Este compuesto es extremadamente tóxico para los camarones.
El uso combinado de sopladores de aire acoplados a mangueras microperforadas
Los aireadores en la parte inferior y los aireadores de paletas o los inyectores Venturi en la superficie crean un patrón de flujo.
Tridimensional continuo. La velocidad de circulación del agua en el fondo del tanque debe ser
El caudal se mantiene entre 15 y 20 centímetros por segundo para evitar que los flóculos se sedimenten.



Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

Figura 1: Relación entre la densidad del cultivo, la demanda de aireación y la capacidad de aclimatación.
Sólidos en sistemas BFT. Fuente: Adaptado de Timmons y Ebeling (2013) y Avnimelech.
(2015).

Gestionar la acumulación de sólidos suspendidos totales (SST) representa uno de los aspectos más importantes.
Sensibles a las necesidades operativas. Si bien los bioflóculos son beneficiosos, las concentraciones excesivas de SST (Sólidos Solubles Totales) pueden resultar problemáticas durante la operación.
(Excediendo 500 miligramos por litro) obstruyen el aparato branquial del camarón, induciendo
Asfixia, menor aumento de peso y mortalidad. Mantener la temperatura superficial del mar dentro del rango ideal.
Para concentraciones de 300 a 400 miligramos por litro, se utilizan clarificadores externos .
o tanques de sedimentación acoplados, que eliminan el exceso de lodo por gravedad.
El mantenimiento continuo de la calidad del agua y el control estricto del volumen de flóculos garantizan
Un entorno saludable para el rápido desarrollo del camarón marino. El correcto
El dimensionamiento adecuado del motor y el uso de convertidores de frecuencia permiten ajustar el consumo de energía.
energía procedente de la propiedad, garantizando la sostenibilidad económica del cultivo.
Finalmente, la automatización del monitoreo de oxígeno a través de sondas ópticas conectadas a
Los generadores de emergencia previenen muertes catastróficas debido a cortes de energía. Redundancia
Unos sistemas de aireación adecuados y una gestión rigurosa de los sólidos son la garantía de seguridad.
Operativo para proyectos de acuicultura intensiva.

Capítulo 3: Bioseguridad, saneamiento y protocolos de mitigación de enfermedades virales bacterias

La bioseguridad es el conjunto de medidas operativas y estructurales destinadas a prevenir
Introducción y diseminación de patógenos en la acuicultura. Según Lightner
(2011), enfermedades virales (como el virus del síndrome de la mancha blanca - WSSV) y
bacteriosis infecciosa (como la necrosis hepatopancreática aguda - AHPND/EMS causada por
Las cepas de Vibrio parahaemolyticus han destruido las cadenas de suministro globales, lo que requiere una transición.
para sistemas de cultivo cerrados y bioseguros.
La arquitectura del sistema BFT es intrínsecamente biosegura debido a la ausencia de intercambio de agua.
con el entorno externo a lo largo de todo el ciclo de crecimiento. La entrada de agua para el suministro.
Se lleva a cabo con antelación, sometiéndose a rigurosos procesos de desinfección mediante cloración.
desactivación por bisulfito de sodio o tratamiento por radiación ultravioleta (UV) y ozono antes
del asentamiento. Esta desinfección previa elimina los vectores de enfermedades silvestres, como los crustáceos.
y peces invasores.
Para excluir físicamente los vectores externos es necesario cubrir completamente los invernaderos y los tanques con mallas.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS - Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

Barreras antipájaros y anticangrejos en los límites de la propiedad. Desinfección obligatoria.
La presencia de calzado, vehículos y equipos de manipulación en la entrada del área de cultivo impide...
Contaminación cruzada entre diferentes módulos de producción. El uso de postlarvas.
La certificación como libre de patógenos específicos (SPF) garantiza que
El lote inicial debe estar libre de virus y bacterias sistémicas.
La inmunomodulación natural que proporciona el consumo de bioflóculos actúa como una barrera.
protección biológica en el intestino del camarón. La diversidad de microorganismos presentes en
bioflóculos y la presencia de compuestos bioactivos (como betaglucanos, polisacáridos y ácidos)
Los ácidos grasos poliinsaturados estimulan el sistema inmunitario innato del crustáceo. Además,
Competencia por el espacio y los nutrientes promovida por la alta densidad de bacterias heterótrofas.
Inhibe el crecimiento de bacterias patógenas del género Vibrio mediante el fenómeno de exclusión.
competitivo.
Por lo tanto, la bioseguridad en los sistemas BFT combina el aislamiento físico contra patógenos con
Fortalecer el sistema inmunológico y las condiciones sanitarias de los animales. Aplicación estricta de los protocolos.
Las medidas sanitarias garantizan la previsibilidad de los cultivos, reducen el riesgo de pérdidas por epidemias y consolidan
La sostenibilidad de la inversión en acuicultura.

Capítulo 4: Modelado de costos operativos, viabilidad financiera y análisis de Riesgo en BFT

La viabilidad financiera y la rentabilidad de una empresa de acuicultura de alta tecnología.
Dependen de un control estricto de la estructura de costes operativos y de la planificación de capital.
Según Shang (1990), la economía de la acuicultura intensiva se caracteriza por los costos.
Los gastos fijos y de capital (CAPEX) son significativamente más altos que los de los sistemas tradicionales,
que requiere una alta productividad por metro cúbico para compensar la depreciación de la infraestructura,
Motores y sistemas de automatización.
La matriz de costos operativos (OPEX) en los sistemas BFT está dominada por los costos de energía.
electricidad para aireación continua, alimentación comercial y entradas de corrección de agua (fuentes de
carbono, piedra caliza y bicarbonato). Aunque la electricidad representa un costo fijo significativo,
El uso de BFT proporciona ahorros sustanciales en alimento, ya que la conversión
Las proporciones de alimentación pueden reducirse de 1,6:1 (en los sistemas tradicionales) a niveles de 1,0:1 a 1,2:1.
gracias al consumo de biomasa microbiana por parte de los camarones.
El modelado del costo total de producción por kilogramo de camarón cosechado resulta de la suma
de los costos de postlarvas, alimento comercial, insumos de carbono, electricidad, mano de obra

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

Mantenimiento de equipos especializados y costos administrativos y de licencias.
ambiental. El punto de equilibrio financiero del cultivo requiere alcanzar
productividad mínima de 3 a 5 kilogramos de camarones por metro cúbico por ciclo para superar la
Costos de ventilación y depreciación.
El análisis de riesgos y de sensibilidad financiera debe proyectar escenarios de fluctuaciones de precios.
Ventas de camarones en el mercado de consumo, variaciones en las tarifas de electricidad y aumentos
en el precio de los ingredientes para piensos (como la harina de soja y la harina de pescado). La capacidad de
La prueba BFT (Balanced Farming Test) para realizar múltiples ciclos anuales en invernaderos agrícolas cubiertos protege al productor contra
Las inclemencias del tiempo y la estacionalidad de los precios garantizan ingresos recurrentes a lo largo del tiempo.
Durante todo el año.

Se concluye que la viabilidad económica del BFT se basa en su alta eficiencia biológica.
El sistema. La dilución de los costos fijos a través de una alta productividad por área y la optimización del factor de
La conversión de piensos garantiza atractivos márgenes financieros para el inversor, transformando
La acuicultura intensiva como negocio altamente rentable.

Capítulo 5: Riesgos operacionales, limitaciones tecnológicas y puntos críticos de fallo

A pesar de las altas tasas de productividad que ofrece la tecnología Biofloc,
El funcionamiento del sistema BFT presenta riesgos y vulnerabilidades técnicas que requieren
Monitoreo continuo y alta capacidad de respuesta de los equipos de gestión. Según
Hargreaves (2013) advierte que el cultivo de biofloc es un sistema "al filo de la navaja", donde
Pequeñas desviaciones en los parámetros de calidad del agua pueden convertirse rápidamente en...
Colapso del ecosistema del tanque y pérdida total del lote.
El riesgo de colapso del biofloc (caída del floc) es la principal amenaza para la estabilidad del sistema.
Una caída repentina en la comunidad microbiana puede ser provocada por fallos en la adición de carbono.
materia orgánica, variaciones extremas en la radiación solar en tanques abiertos o uso inadecuado de
Agentes quimioterapéuticos y bactericidas. El colapso de los flóculos provoca la liberación masiva de amoníaco y
Nitrito en el agua, acompañado de un consumo descontrolado de oxígeno debido a la descomposición de
materia orgánica muerta.
La dependencia crítica de la energía eléctrica hace que el sistema sea extremadamente vulnerable a
Interrupciones en el suministro público de agua. Parada de la aireación durante períodos superiores a...
Tras quince o treinta minutos en tanques de almacenamiento de alta densidad, se produce anoxia.
muerte grave y masiva por asfixia. La implementación de generadores automatizados de
La activación inmediata (sistemas de alimentación ininterrumpida y generadores diésel) es un requisito obligatorio de

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinaria El Conocimiento.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

infraestructura para mitigar este riesgo fatal.

La acumulación de nitrito (NO_2^-) durante la fase de transición entre el dominio heterotrófico y el
El establecimiento de bacterias nitrificantes de los géneros Nitrospira y Nitrobacter representa
Otro obstáculo crítico en la gestión. El nitrito oxida la hemocianina en la sangre de los camarones.
impidiendo el transporte eficiente de oxígeno a los tejidos. Controlar este riesgo requiere...
Monitoreo diario de los niveles de nitrito y la adición de cloruro de sodio (sal común) para
Mantener una proporción de cloruro:nitrito superior a 10:1 protege a los animales de la toxicidad iónica.
Por lo tanto, identificar los puntos críticos de fallo y proporcionar formación continua al equipo es fundamental.
Los aspectos operativos son indispensables para el éxito en BFT. Las pruebas físico-químicas rigurosas son esenciales.
Las rutinas diarias y el mantenimiento de planes de contingencia técnica garantizan la estabilidad del cultivo y
Protegen los activos de la empresa.

Capítulo 6: Sostenibilidad ambiental, licencias y el futuro del cultivo de camarones
Intensivo

La incorporación de los principios de responsabilidad ambiental y economía circular en
La acuicultura se ha convertido en un requisito indispensable para obtener licencias ambientales y
acceso a mercados de consumo cualificados. Según Boyd (1998), el cultivo de camarones
Las prácticas tradicionales se han enfrentado a severas restricciones legales debido a la conversión de áreas de manglares en
piscifactorías y vertido de efluentes ricos en nutrientes en estuarios y aguas costeras. El BFT
Se perfila como la tecnología para eliminar estos impactos ecológicos.
La huella hídrica de un sistema BFT es drásticamente inferior a la de la acuicultura tradicional.
Mientras que los cultivos convencionales consumen decenas de miles de litros de agua por kilogramo de
Los camarones producidos debido a los cambios diarios de agua, la tecnología biofloc consume solo
Cantidad necesaria para compensar las pérdidas debidas a la evaporación. Conservación de recursos.
Los recursos hídricos permiten la instalación de granjas acuícolas en zonas alejadas de la costa, utilizando agua.
fuentes subterráneas de agua salobre y protección de los ecosistemas costeros y de manglares.
El tratamiento y la reutilización de los lodos desechados de los tanques de sedimentación alinean la BFT con los principios.
de la economía circular. El exceso de bioflóculos retirados del sistema puede ser procesado y
utilizado como ingrediente proteico en piensos para otras especies acuáticas o convertido en
Fertilizantes orgánicos de alta calidad para la agricultura terrestre. Esta integración entre
La acuicultura y la agricultura eliminan la eliminación de residuos y generan nuevas fuentes de ingresos para la
propiedad.
Los requisitos de trazabilidad y certificación internacional de sostenibilidad (como

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

estándares del Consejo de Administración de la Acuicultura (ASC) y Mejores Prácticas de Acuicultura (BAP)
Valoran el camarón producido en sistemas BFT. Esto garantiza un producto libre de residuos.
antibióticos, cultivados de manera biosegura y sin afectar áreas protegidas atrae
consumidores exigentes dispuestos a pagar un precio superior por las proteínas .
sostenible.

Se concluye que la tecnología Biofloc representa el futuro del cultivo sostenible de camarones.
en todo el mundo. La combinación de eficiencia hídrica, protección ambiental, bioseguridad y
La viabilidad económica posiciona a la BFT como la tecnología clave para alimentar a la población.
Fuente global con proteína de excelente calidad y mínima huella ecológica.

Consideraciones finales

La investigación desarrollada a lo largo de este artículo muestra que la aplicación de la tecnología
Los bioflóculos (BFT) en el cultivo de camarones marinos son una de las innovaciones más prometedoras para el sector.
El objetivo es lograr una acuicultura sostenible, biosegura y altamente productiva. La investigación
demuestra que la manipulación rigurosa de la relación carbono:nitrógeno (C:N) permite transformar
El nitrógeno excretado por los animales es absorbido por la biomasa microbiana rica en proteínas, promoviendo
Reciclaje de nutrientes y purificación del agua dentro del propio entorno de cultivo.
El estudio demuestra que la ingeniería de aireación y la gestión de sólidos en suspensión son los pilares fundamentales.
Factores operativos que apoyan el cultivo de alta densidad en BFT. Dimensionamiento adecuado de
sopladores, el uso de tanques de sedimentación externos y el monitoreo continuo del oxígeno disuelto.
Garantizan el mantenimiento de un entorno saludable para los camarones y las comunidades.
Microorganismos beneficiosos que previenen la mortalidad debida a la anoxia o al estrés branquial.
La bioseguridad inherente de BFT demuestra ser una ventaja estratégica decisiva contra
a los desafíos sanitarios mundiales del cultivo de camarones. Reducir el intercambio de agua a cero,
combinado con la competencia biológica ejercida por las bacterias heterótrofas contra
Los microorganismos patógenos del género Vibrio protegen los cultivos contra las epidemias virales y
Control bacteriano, que garantiza la previsibilidad y la salud de los cultivos.
El análisis cuantitativo de los costos operativos y la viabilidad financiera confirma que la reducción
El bajo índice de conversión alimenticia (ICA) y la alta productividad por metro cúbico compensan esta situación.
Inversiones iniciales en infraestructura y electricidad. La dilución de los costos fijos por
alta productividad y la posibilidad de realizar múltiples ciclos anuales en invernaderos cubiertos.
Garantizan márgenes de beneficio sólidos y una rentabilidad atractiva para el productor.
Además, la adhesión de los sistemas BFT a los requisitos de sostenibilidad ambiental y

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.

Machine Translated by Google

Año VII, vol. 1 2026 | Envío: 13/01/2026 | Aceptado: 15/01/2026 | Publicación: 18/01/2026

Las certificaciones del mercado internacional consolidan la tecnología como un modelo definitivo para El futuro de la acuicultura. Mínimo consumo de agua, protección de los ecosistemas costeros y... La posibilidad de reutilizar lodos orgánicos como biofertilizante se integra en la producción de Alimentos para la economía circular.

Dada la creciente demanda mundial de alimentos saludables y las crecientes restricciones al uso de los recursos naturales, la profesionalización y la industrialización de la acuicultura intensiva. Dejan de ser una opción y se convierten en un imperativo global.

Se concluye que el rigor técnico, el dominio de la biotecnología acuática y el compromiso con... La sostenibilidad es el motor de la modernización del cultivo de camarones.

Inversión continua en formación profesional, optimización de procesos e innovación.

La biotecnología asegura el éxito de las empresas acuícolas, protege el medio ambiente y garantiza... El suministro de proteínas de alta calidad para las generaciones futuras.

Referencias

- AVNIMELECH, Y. Tecnología de biofloc: una guía práctica. 3.ª ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 2015.
- BOYD, CE Calidad del agua para la acuicultura en estanques. 1.ª ed. Auburn: Estación Experimental Agrícola de Alabama, Universidad de Auburn, 1998.
- HARGREAVES, JA. Sistemas de producción de biofloc para acuicultura. Publicación SRAC n. ° 4503. Stoneville: Centro Regional de Acuicultura del Sur, 2013.
- LIGHTNER, DV Enfermedades virales del camarón de cultivo en las Américas: una revisión. Revista de Patología de Invertebrados, vol. 106, núm. 1, págs. 110-130, 2011.
- SHANG, YC Análisis económico de la acuicultura: una introducción. 1.ª ed. Baton Rouge: The World Aquaculture Society, 1990.
- TIMMONS, MB; EBELING, JM Acuicultura de recirculación. 3.ª ed. Ithaca: Cayuga Aqua Ventures, 2013.
- WASIELESKY, W. et al. Efecto de la producción natural en un sistema de biofloc sobre el Crecimiento de Litopenaeus vannamei. Acuicultura, vol. 258, n.º 1-4, págs. 396-403, 2006.

Este artículo se publica en acceso abierto bajo la licencia Creative Commons Attribution, que permite el uso, la distribución y la reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre que se cite correctamente la obra original.