



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



Efecto de la aireación en el desarrollo de la comunidad microbiana en sistemas de tecnología de biofloc de camarón

7 June 2021

By Dariano Krummenauer, Ph.D. , Wellica Gomes dos Reis , Paulo Cesar Abreu , Aline Bezerra , Wilson Wasielesky Jr., Ph.D. and Bob Advent

Los resultados muestran que el tratamiento de aireación de inyector de aire con boquilla generó una mayor diversidad de microorganismos



Este estudio evaluó el efecto de tres sistemas de aireación en el desarrollo de la comunidad microbiana en los sistemas de tecnología de biofloc de camarón. Los resultados mostraron que el tratamiento de la inyector de aire con boquilla generó una mayor diversidad de microorganismos y mejoró el desarrollo de biofloc y la productividad general del camarón.

Los sistemas de tecnología de biofloc (BFT) están bien establecidos en la cadena de producción de camarones marinos. Caracterizado por la estimulación de una comunidad microbiana, el sistema BFT es bioseguro y mejora la nutrición (complementa la dieta y mejora la salud intestinal del camarón) y la calidad del agua (compuestos nitrificantes) con un intercambio de agua mínimo o nulo por ciclo de producción.

La formación de agregados microbianos, o bioflocs, depende de interacciones físicas, químicas y biológicas que son estimuladas por la velocidad de mezcla y oxigenación generada por el proceso de aireación. Las bacterias proliferan al adherirse a las burbujas, utilizando los nutrientes disponibles y la materia orgánica en la columna de agua.

El tamaño de las burbujas generado por la aireación mecánica juega un papel importante en la formación de biofloc. Las bacterias adheridas a las nanoburbujas forman bioflocs más rápidamente que con burbujas más grandes. El desarrollo de un biofloc maduro es crucial para estabilizar tanto la disponibilidad de nutrientes como complemento alimenticio como la disponibilidad de bacterias nitrificantes esenciales para mantener una calidad óptima del agua en el sistema BFT (Fig. 1).

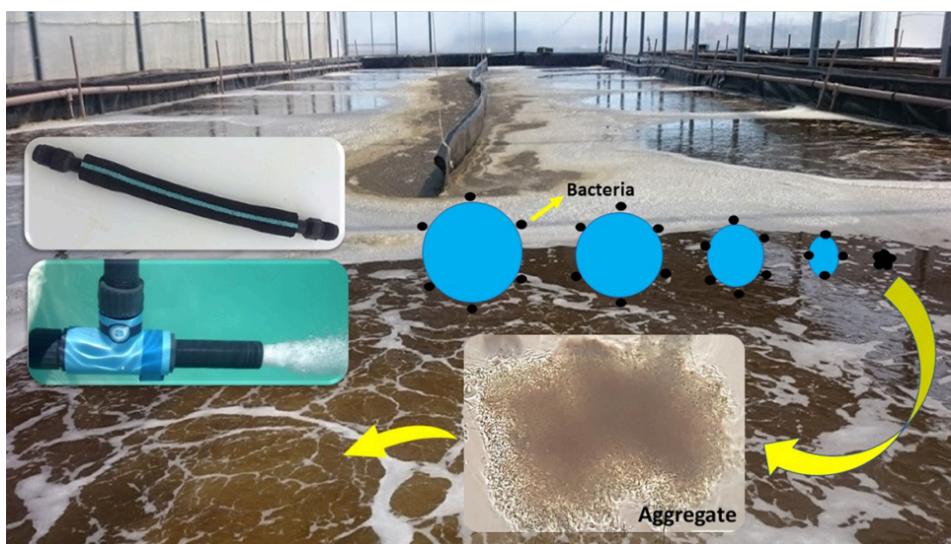


Fig. 1: Descripción del desarrollo de agregados en burbujas (círculo azul); de Johnson (1976) y adaptado para Gomes dos Reis (2021), originalmente de Johnson (1976). Fotos de Wellica Reis y Dariano Krummenauer.

Esta nueva biomasa bacteriana madura puede ser consumida posteriormente por los protozoos, aumentando así la disponibilidad de alimento en el sistema BFT, un fenómeno conocido como el “circuito microbiano” (Fig. 2). En este contexto, es fundamental que los productores utilicen dispositivos de aireación eficientes que brinden el mejor costo-beneficio en términos de productividad. En los últimos años, el equipo de FURG ha centrado su investigación de BFT en estudios del efecto de la aireación mecánica en la formación y disponibilidad de biofloc.



(<https://info.globalseafood.org/get-certified>)

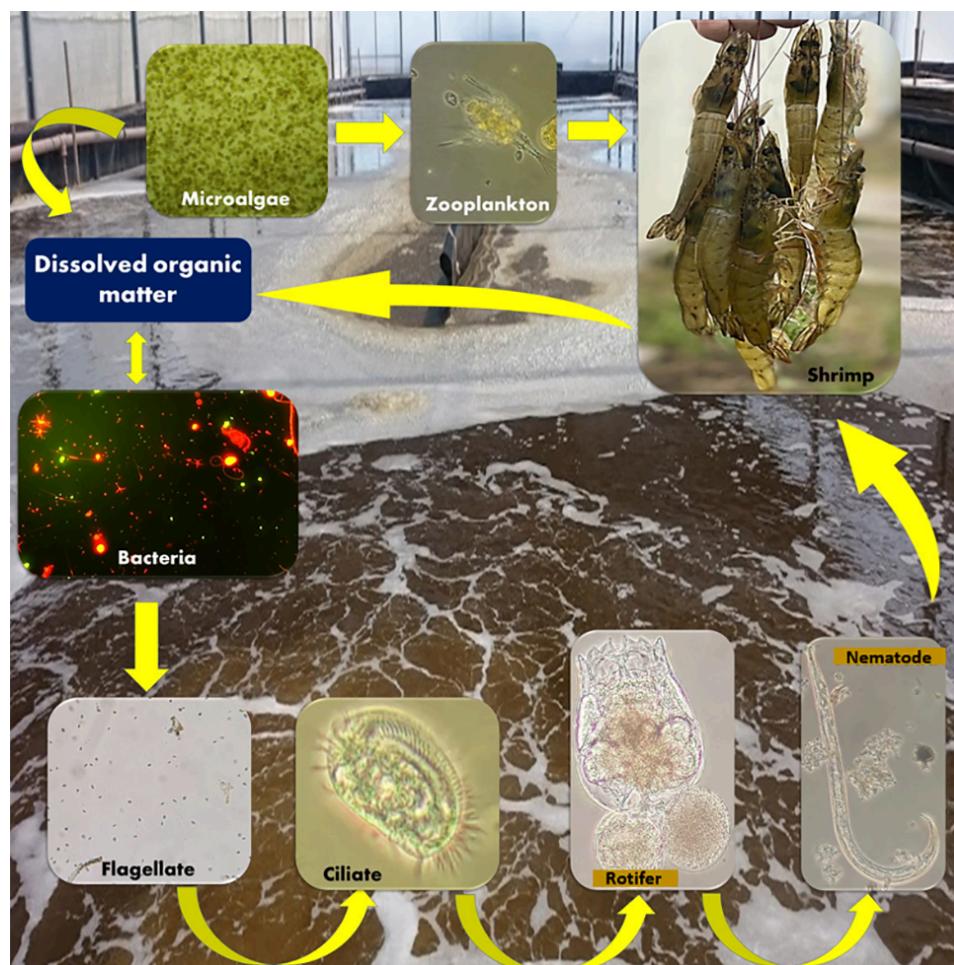


Fig. 2: Concepto de círculo microbiano propuesto por Azam et al. (1983) y adaptado para Gomes dos Reis (2021). Fotos de Wellica Reis, Mariana Holanda y Dariano Krummenauer.

La materia orgánica disuelta generada a partir de las microalgas muertas (y el alimento sobrante) conduce a una nueva cadena trófica en la que la materia orgánica disuelta es asimilada por bacterias, que luego son consumidas por otros grupos de microorganismos (como los flagelados), que a su vez son depredados por ciliados y apoyando el desarrollo de otros grupos como rotíferos y nemátodos. Los microorganismos desarrollados a partir de este circuito contribuyen como una fuente nutricional natural suplementaria para los camarones y para el ciclo de nutrientes en los estanques de cría.

En este artículo, presentamos los resultados de una investigación para comparar el desempeño de dos sistemas de aireación comerciales, inyectores de aire comerciales (boquillas) y mangueras microperforadas (Aero-Tube™) – discutidas previamente en detalle en varios artículos publicados – y su efecto en la composición microbiana y la mejora de la formación de biofloc.

Agradecemos el apoyo financiero brindado por el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq), la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Rio Grande do Sul (FAPERGS) y la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Nivel Superior (CAPES). Un agradecimiento especial a All-Aqua por donar los inyectores de aire experimentales y el soporte técnico. GUABI Animal Health and Nutrition S.A., AQUATEC y TREVISAN también son nuestros patrocinadores.

Configuración del estudio

Este estudio evaluó el efecto de tres sistemas de aireación en el desarrollo de la comunidad microbiana en sistemas de tecnología de biofloc. El primer sistema de aireación probado usó inyectores de aire comerciales (boquillas) operados por una bomba centrífuga de 2 hp y aire ambiente naturalmente aspirado a una tasa tres veces mayor que el volumen de bombeo de agua. Las boquillas se montaron en la parte inferior del raceway y tienen un tubo de "snorkel" que captura el aire atmosférico y lo inyecta en el agua como nanoburbujas, proporcionando una alta tasa de transferencia de oxígeno disuelto. Además, el flujo direccional generado a partir de estas nanoburbujas crea un movimiento de agua tanto horizontal como vertical, manteniendo los sólidos en suspensión, que es una característica esencial para el éxito del sistema BFT.

El segundo sistema de aireación utilizó mangueras microperforadas comerciales (Aero-Tube™) suministradas por un soplador de aire de 2 hp que generaba grandes volúmenes de aire a baja presión, abasteciendo aire atmosférico al sistema. Las mangueras microperforadas se instalan en tuberías de PVC y se unen al fondo de los tanques de producción. Las principales ventajas de las mangueras microperforadas son la durabilidad y la rentabilidad adecuada en comparación con las piedras difusoras porosas. Y el tercer tratamiento de aireación probó boquillas de aire y mangueras microperforadas en combinación en los mismos tanques ("tratamiento mixto"). En el tratamiento de boquillas, se colocaron tres inyectores paralelos a la dirección del flujo principal a lo largo del fondo de cada pared del tanque. Las mangueras de aire se cortaron en trozos de 10 cm y se conectaron a tuberías de PVC y se distribuyeron en una sola pieza cada 1,5 metros cuadrados en los tanques.

El ensayo se llevó a cabo en la Estación de Acuacultura Marina, Universidad Federal de Río Grande (FURG), Brasil. Se adquirieron postlarvas (PL) de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*) de un criadero comercial de camarones (Aquatec®, Canguaretama, estado de Rio Grande do Norte, Brasil) y se criaron durante 70 días en dos invernaderos cubiertos con tanques revestidos con polietileno de alta densidad (HDPE, 1,0 mm). Un invernadero tenía doce tanques de 35 metros cúbicos operados sin intercambio de agua y el otro invernadero tenía dos raceways de 237 metros cuadrados cada uno. Las PL de camarón se sembraron a razón de 500 animales por metro cuadrado en todos los tratamientos. Los tanques y raceways se llenaron con agua de mar filtrada con arena y salinidad de 28 ppt.

Para estimular la formación de biofloc, la relación carbono a nitrógeno (C: N) del sistema experimental se mantuvo en 15: 1, según la metodología propuesta por Avnimelech y Ebeling et al (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>). La fertilización orgánica se implementó agregando melaza de caña de azúcar (37,27 por ciento de contenido de carbono). Para mantener la relación 15:1 de C:N, se añadieron 6,0 gramos de carbono (melaza) por cada 1,0 gramo de nitrógeno amoniacal total (TAN) medido en el agua de cultivo BFT.

Con respecto a los parámetros de calidad del agua en los sistemas experimentales, las mediciones de temperatura, oxígeno disuelto (OD), pH y salinidad se recolectaron diariamente utilizando una sonda multiparamétrica YSI 556 MPS® (YSI Incorporated, Yellow Springs, Ohio, EE. UU.). El pH y la alcalinidad se corrigieron con hidróxido de calcio siempre que el pH fuera <7,0 y la alcalinidad ≤ 100 mg CaCO₃ por litro. La alcalinidad se midió mediante el método de titulación una vez a la semana. El monitoreo de nitrógeno amoniacal total (TAN), nitrógeno nitrito (NO₂-N), nitrógeno nitrato (NO₃-N), fosfato (PO₄ + 3-P), sólidos suspendidos totales (TSS) y alcalinidad se realizó una vez a la semana.

Los camarones se alimentaron con una dieta comercial (Guabi™ 40 por ciento de proteína cruda) y las raciones se ajustaron basándose en el crecimiento semanal de los animales. Probióticos comerciales (INVE™ Sanolife PROW) se aplicaron una vez a la semana a todos los tratamientos experimentales en una proporción de 1 gramo por mil litros de agua para ayudar a mantener la calidad del agua.

Para la evaluación de la comunidad microbiana y cuantificación de los microorganismos presentes en los sistemas de producción, se recolectaron muestras de agua (20 mL) una vez por semana de cada unidad experimental. Las muestras se fijaron en formalina al 4 por ciento (concentración final) y se guardaron en matraces de color ámbar para su posterior recuento e identificación de los principales grupos de microorganismos presentes.

Para conocer el procedimiento utilizado para la determinación de la abundancia bacteriana (e información adicional sobre este estudio), consulte al autor correspondiente. Los microorganismos de las muestras se clasificaron en diferentes grupos; para las bacterias: cocoides, bacterias filamentosas libres y filamentosas adheridas, *Vibrio* y *Bacillus*; y para protozoos y otros grupos como flagelados, ciliados, diatomeas, oocistes, amebas, planktonemas y grupos de rotíferos y nematodos.

Resultados y discusión

Nuestros resultados mostraron que existía una mayor diversidad de microorganismos (protozoos, microalgas y bacterias) y abundancia (flagelados, ciliados, amebas, diatomeas, oocistes, planktonema, bacilos y algas filamentosas libres) en los sistemas con tratamiento por inyector de aire (Fig. 3). La composición de los microorganismos fue diferente en los otros dos sistemas / tratamientos (manguera microperforada y sistema inyector de aire + manguera, o tratamiento mixto) donde ocurrieron flagelados, ciliados, diatomeas, bacilos, *Vibrio* y filamentosos libres (Fig. 3).

Fig. 3: Diversidad y abundancia de microorganismos en los tres tratamientos: mangueras de aire microperforadas comerciales;

mangueras de aire microperforadas comerciales + inyectores de aire de boquillas comerciales; e inyectores de aire de boquillas comerciales.

La mayor diversidad de microorganismos producidos en la producción de agua juega un papel importante en el flujo de energía de los ecosistemas acuáticos. Además, los microorganismos son conocidos no solo como fuentes importantes de proteínas, sino también por contribuir a las necesidades de lípidos, minerales y vitaminas del camarón. Por lo tanto, el alimento natural suministrado por los agregados microbianos sirve como una fuente suplementaria de nutrientes para los camarones e influye en el desempeño zootécnico del sistema, lo que resulta en una mejor productividad en los sistemas BFT de cultivo de camarones.

Abundancia bacteriana en el tratamiento de la boquilla del inyector. (A) Ameba; (B) Flagelado; (C) Bacilo; (D) Coccoides, (E) Diatomeas. Ampliación 1000 x por microscopía de epifluorescencia. Foto de Wellica G. Reis.

Es probable que la mayor diversidad de microorganismos encontrados en el tratamiento del inyector de aire esté relacionada con el tamaño de las burbujas de aire generadas por este sistema de aireación, que produce nanoburbujas (burbujas mucho más pequeñas que otros sistemas de aireación). Las nanoburbujas proporcionan un área de superficie más grande para que las bacterias se adhieran (Fig. 1). Una vez que se adhiere una gran cantidad de bacterias a las nanoburbujas, se pueden formar rápidamente flóculos bacterianos. La velocidad de formación de los agregados en relación al tamaño

de las burbujas también favorece la aparición de otros grupos de microorganismos en el sistema de cultivo (Fig. 2), contribuyendo a una mayor diversidad y aporte nutricional para los organismos cultivados.

Otro aspecto importante a considerar es la abundancia de organismos que se observó en los diferentes tipos de aireación. Esto está relacionado con los procesos “de arriba hacia abajo” y “de abajo hacia arriba” que ocurren naturalmente en el nivel trófico presente en el tanque de cultivo. De arriba hacia abajo se refiere a la depredación que ocurre en niveles tróficos más altos (de arriba a abajo), como el camarón que se alimenta de microorganismos (efecto nutricional de los agregados) y que causa variaciones en la abundancia de estos organismos en el sistema de cultivo.

En el proceso de abajo hacia arriba ocurre lo contrario, es decir, los organismos productores son los responsables de la regulación de todo el nivel trófico; las bacterias, las algas y otros organismos del fitoplancton son los principales productores que influyen en el siguiente nivel trófico. Esto puede explicar las diferentes concentraciones de microorganismos observadas, ya que los organismos se aprovechan de otros o están siendo atacados (de arriba hacia abajo, y de abajo hacia arriba).

Vista del biofloc en el tratamiento de inyector de boquilla. Microscopía invertida, aumento de 20 x. Foto de Wellica G. Reis.

Perspectivas

Los resultados de nuestro estudio presentados en este artículo muestran que el tratamiento del inyector de aire con boquilla generó una mayor diversidad de microorganismos en un sistema de biofloc, probablemente apoyando el desarrollo mejorado de bioflocs y contribuyendo a un aumento en la disponibilidad de alimentos complementarios y resultando en una productividad de camarones mejorada en general.

Referencias disponibles del autor correspondiente.

Authors

**DARIANO KRUMMENAUER, PH.D.**

Corresponding author

Laboratory of Ecology of Microorganisms Applied to Aquaculture
Institute of Oceanography

Federal University of Rio Grande – FURG
Rio Grande (RS), Brazil

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

**WELLICA GOMES DOS REIS**

Laboratory of Ecology of Microorganisms Applied to Aquaculture
Institute of Oceanography
Federal University of Rio Grande – FURG
Rio Grande (RS), Brazil

**PAULO CESAR ABREU**

Laboratory of Ecology of Microorganisms Applied to Aquaculture
Institute of Oceanography
Federal University of Rio Grande – FURG
Rio Grande (RS), Brazil

**ALINE BEZERRA**

Laboratory of Marine Shrimp Culture
Institute of Oceanography
Federal University of Rio Grande – FURG
Rio Grande (RS), Brazil

**WILSON WASIELESKY JR., PH.D.**

Laboratory of Marine Shrimp Culture
Institute of Oceanography
Federal University of Rio Grande – FURG
Rio Grande (RS), Brazil

**BOB ADVENT**

All-Aqua Aeration
Farmington Hills, Michigan, USA

Copyright © 2026 Global Seafood Alliance

All rights reserved.