



## **Investigación e Innovación en Nutrición Acuícola**

**Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez,  
Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe  
Nieto López, David A. Villarreal Cavazos,  
Julián Gamboa Delgado, y Carlos A.  
Martínez Palacios**

## **Investigación e Innovación en Nutrición Acuícola**

2022, Monterrey, Nuevo León, México

Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado y Carlos A. Martínez Palacios.

Programa Maricultura  
Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Autónoma de Nuevo León 2022

Copias disponibles en:  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Facultad de Ciencias Biológicas  
**Programa Maricultura**  
Cd. Universitaria  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León  
C.P. 66455  
Tel.+Fax. 818352 6380  
E-mail: [lucia.cruzsr@uanl.edu.mx](mailto:lucia.cruzsr@uanl.edu.mx)

Para citar alguna parte de ésta obra siga el siguiente estilo:

- Autores del escrito. 2022. Nombre del artículo. Editores: Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado y Carlos A. Martínez Palacios. Investigación e innovación en nutrición acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, pp.473 ISBN: 978-607-27-1732-9. El cuidado de la presente edición, así como su realización estuvo a cargo de los editores.

La reproducción total o parcial de ésta obra requiere la autorización escrita por los titulares del derecho de autor.

Los editores hacemos extensivo nuestro profundo agradecimiento:

- A las personas que colaboraron en la edición técnica de estas memorias

## Directorio

Dr. Santos Guzmán López  
Rector

Dr. Juan Paura García  
Secretario. General

Dr. Celso José Garza Acuña  
Secretario extensión y cultura

Lic. Antonio Ramos Revillas  
Director de Editorial Universitaria

Dr. José Ignacio González Rojas  
Director de la Facultad de Ciencias Biológicas

### Editores

Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha Guadalupe Nieto López, David Alonso Villarreal Cavazos, Julián Gamboa Delgado, y Carlos A. Martínez Palacios.

Dirección de edición: Programa Maricultura, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Dra. Lucía Elizabeth Cruz Suárez, Av. Universidad S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66455  
Email: elicruz@hotmail.com, lucia.cruzsr@uanl.edu.mx  
Teléfonos: 52 8183526380

Primera edición 2022. ©Universidad Autónoma de Nuevo León. ©L. Elizabeth Cruz Suárez, ©Mireya Tapia Salazar, ©Martha Guadalupe Nieto López, ©David Alonso Villarreal Cavazos, ©Julián Gamboa Delgado, ©Carlos A. Martínez Palacios.

ISBN:978-607-27-1732-9. El cuidado y edición estuvo a cargo de los editores. El contenido es responsabilidad de los autores.

Párrafo legal: Reservado todos los derechos conforme a la ley. Prohibida la reproducción total o parcial de la obra sin previa autorización por escrito del titular propietario y editor de la obra.

# **Acuicultura Simbiótica como Nuevo Paradigma Productivo: Reduciendo Impactos y Aumentando Beneficios**

David Celdrán Sabater

Dirección: San José, San Pedro, Costa Rica, The Green Lodge N° 9

E-mail: bioaquafloc@gmail.com

## **Resumen**

La acuicultura simbiótica se basa en la utilización de microorganismos que ejercen una acción beneficiosa directa o indirecta sobre la salud del animal y sobre la calidad del agua de cultivo. Se reproducen varios tipos de microorganismos, bacterias, protozoos, levaduras y plancton que entablarán una relación simbiótica con camarones y peces que adicionalmente les servirán también como alimento de altísima calidad. Las bacterias que se utilizan pueden ejercer un efecto biorremediador. Esto se puede observar en el caso de las bacterias nitrificantes, las cuales eliminan amonio. Otros organismos biorremediadores son las bacterias heterótrofas, los protozoos y los hongos los cuales eliminan materia orgánica tal como heces y alimento no ingerido. También se usan las bacterias probióticas en esta tecnología. Estas tienen un efecto beneficioso en el tracto digestivo de camarones y peces, mejorando la supervivencia. Por último, el plancton ayuda a la biorremediación y sirve de alimento altamente nutritivo para peces y camarones.

Las tecnologías biofloc y aquamimicry son en realidad dos tecnologías simbióticas. La tecnología simbiótica es toda aquella que utiliza microorganismos para el beneficio del cultivo. Asimismo, debe haber presencia de bioflóculos o coloides que no es más que esos microorganismos aglutinados en pequeñas formaciones globosas y de aspecto irregular. Actualmente la compañía BIOAQUAFLOC, desarrolla una tecnología simbiótica muy particular. En ella se tiene en cuenta los principios estrictos de la tecnología biofloc respecto del control de la calidad de agua y la corrección de sustancias nitrogenadas se realiza la adición de melaza. Sin embargo, se utilizan también algunos principios de la tecnología aquamimicry tal como la utilización de un toilet en el estanque que extrae sólidos sedimentados. También, como en aquamimicry, se apuesta por la adición de fermentos de cereal, leguminosos. Se usa aireadores que garanticen un movimiento y oxigenación del agua suficiente. Por último, se siembra a altas densidades, por encima de los 250 camarones/m<sup>2</sup> y 100 peces/m<sup>3</sup>. Aunque también estamos haciendo experiencias en sistemas rústicos extensivos con acuicultura simbiótica sin aireación ni extracción de sólidos con espectaculares resultados productivos (densidades de 30 camarones/m<sup>2</sup> y 10 peces/m<sup>3</sup>)

Bioaquafloc usa un protocolo de generación de bioflóculos tanto para la maduración del agua antes de la siembra como a lo largo del ciclo. Esta combinación de técnicas simbióticas es extraordinariamente exitosa y principalmente evita la acumulación de nitrógeno amoniacal, afección de enfermedades y buenos desempeños en conversión del alimento (FCA<1).

Los beneficios son muchos, pero principalmente los podemos agrupar en el aumento de la seguridad en la actividad acuícola, reducción de enfermedades, reducción de costos de alimentación, aumento de la calidad de agua y cuidado del medio ambiente (no utilización de harinas de pescado en el alimento, recambio cero de agua y no adición de productos químicos) entre otros.

Palabras claves: *Acuicultura, Acuicultura simbiótica, Fermentos, Tilapia, Camarón, Bioflóculos, tecnología biofloc, tecnología aquamicmiry*



### **Estado actual del mundo**

El mayor reto al que nos enfrentamos como especie humana es la sobrepoblación. Se estima que para el año 2050 la población mundial sobrepasará los 9,7 mil millones de habitantes, lo que supone un 30% más que en la actualidad. (FAO 2009).

Además, la población que se encontrará con algún grado de pobreza será muy alto. África rondará porcentajes que irán en su mayoría del 30% al 100% de la población en estado de pobreza o extrema pobreza. El índice utilizado para esta evaluación se refiere a la pobreza multidimensional (MPI: Multidimensional poverty index). Esto es teniendo en cuenta la educación o acceso a sanidad. Hemos de considerar que el 1% de la población acumula el 82% de la riqueza global (Informe económico mundial DAVOS 2019). Lo que reafirma las enormes desigualdades que estamos experimentando. Solo 8 personas tienen la mitad de la riqueza del planeta, mientras existen 1300 millones de personas pobres de los cuales 730 millones viven en extrema pobreza (Davos 2019). Por otra parte, la FAO estima que los países que más crecerán en los próximos años serán los países subdesarrollados con lo que estas desigualdades acrecentarán.

### **Demanda mundial de proteína**

Para intentar paliar estas desigualdades, la organización de las Naciones Unidas promueve la iniciativa AGENDA 2030, que se compone de 17 objetivos encaminados a mejorar la economía, la sociedad y el medio ambiente. Sin embargo, estos están lejos de cumplirse. Así que se lanzó una campaña aún más ambiciosa llamada ¿Cómo alimentar al mundo en 2050? En este sentido, ya en el foro de expertos de alto nivel en Roma 12-13 octubre del 2009 se estimó que la producción anual de carne deberá aumentar en más de 200 millones de toneladas hasta alcanzar los 470 millones. Países como China están además aumentando la necesidad de proteína mundial porque están cambiando sus hábitos alimenticios e incluyendo más carne en sus dietas. La demanda mundial actual de carne ha sobrepasado la cantidad que la industria cárnica actual es capaz de producir. De esta manera se ha recurrido a una mayor quema de bosques para transformarlos en pastizales para ganado.

### **La pesca como solución a la demanda de proteína**

Desde la década de los 70's la pesca ha estado dedicada a abastecer la demanda mundial de proteína. Sin embargo, esto ha llevado a una sobreexplotación de los recursos pesqueros. En 2015, de las 16 áreas estadísticas principales, el Mediterráneo y el Mar Negro registraron el mayor porcentaje 62,2% de poblaciones insostenibles, seguidas de cerca por el Pacífico sudoriental con un 61,5% y el Atlántico sudoccidental con un 58,8%. (FAO 2009).

Así pues, tras cinco décadas de sobreexplotación pesquera ahora nos encontramos no solo con el problema de sobrepoblación humana sino también con un grave problema de sobrepesca mundial.

### **La acuicultura como nueva posible solución.**

Ante esta problemática, gobiernos e instituciones colocaron a la actividad acuícola como un actor importante para la demanda mundial de proteína. Así pues, la acuicultura fue aumentando hasta que en 2016 llegó a generar 80 millones de toneladas de peces y mariscos (FAO 2018). Sin embargo, existe un gran impedimento para que la acuicultura se convierta en una solución real. Los requerimientos nutricionales de las especies acuícolas cultivadas pasan por la inclusión de ácidos grasos esenciales tal como ácido Docosaheptaenoico (DHA) el cual solo tiene origen marino. Y la fuente más barata de origen marino que contiene este ácido graso esencial es la harina de pescado. Así que, hemos estado pescando todas estas décadas para convertir ese pescado en harina de pescado para generar alimento para acuicultura. Si el alimento de nuestros organismos de cultivo no contiene harinas de pescado, estos no crecen. Hasta ahora.

### **Acuicultura simbiótica como nuevo paradigma productivo**

En la acuicultura simbiótica se crea una explosión de zooplancton y bacterias beneficiosas que pueden estar agrupadas en bioflóculos, biofilm o coloides (definición: Dr. David Celdran). Estas agrupaciones de microorganismos y una pequeña parte de fitoplancton son muy ricos en DHA. Tras años de investigaciones científicas al respecto se comprobó que sustituyendo la alimentación convencional por bioflóculos y harina de soya, la supervivencia y el factor de conversión del alimento se mantenían igual que con dietas comerciales (Bauer *et al.*, 2012). Este hecho supone un gran hito en la acuicultura moderna puesto que ya no es necesario depender de las harinas de pescado. Existen experimentos donde además los crecimientos en camarón con bioflóculos superaban con creces los crecimientos convencionales con alimento comercial (Kuhn *et al.*, 2009).

La acuicultura simbiótica reporta un gran número de beneficios que veremos a lo largo de los siguientes temas.

### **Sistemas de cultivo simbióticos**

- **Sistemas Súper Intensivos simbióticos:**

Un sistema súper intensivo es donde la densidad de siembra es muy alta y se asiste continuamente con oxígeno, abundante alimento y un reciclado constante de las sustancias tóxicas y residuos del agua. La acuicultura simbiótica es una tecnología súper intensiva puesto que todos esos requisitos los lleva a cabo los bioflóculos. El tamaño de los estanques suele ser de hasta unos 5.000 m<sup>2</sup> de geomembrana, o de tierra. Se manejan densidades de siembra: de hasta 250-400 PL/m<sup>2</sup> y unos 45-60 alevines de peces por m<sup>3</sup>. La aireación es obligatoria, la alimentación es artificial y los bioflóculos representan hasta un 30% de la ingesta del animal. El manejo técnico se considera experimentado y los parámetros del agua están muy controlados. Las producciones varían de 20 a 100 Ton/Ha al año en camarón y de 190 a 250 tn/ha al año de tilapia.

- **Acuicultura simbiótica en sistemas semi intensivos:**

Por supuesto la acuicultura simbiótica puede aplicarse a sistemas semi-intensivos con densidades aproximadas de 20 a 50 camarones/m<sup>2</sup>. En estos sistemas no existe toilet y no hay aireación asistida. Un problema intrínseco de este sistema es el descenso del oxígeno disuelto en horas nocturnas. La acuicultura simbiótica aportará enzimas como celulasas que controlarán la población de microalgas evitando eventos de anoxia en la noche. Otro problema es la evaporación que nos obligará a realizar recambios parciales regulares. Estas reposiciones pueden comprometer la salud de los camarones por la entrada de enfermedades. La tecnología simbiótica previene el inicio de periodos de enfermedad debido a los ácidos orgánicos que se generan en el agua junto a moléculas como el PHB (POLI BETA HIDROXI BUTIRATO) el cual ataca a agentes patógenos.

La acuicultura simbiótica generará bioflóculos en suspensión o un biofilm o perifiton en el fondo (si no existe movimiento en el agua que suspenda los bioflóculos). Estos bioflóculos son una excelente fuente de proteínas, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales (Avnimelech 2015). Asimismo, generan sustancias que combaten patógenos e incentivan el crecimiento del zooplancton que es un alimento altamente nutritivo.

Los fermentos que aplicamos en la misma generarán ciertas condiciones beneficiosas en nuestro estanque: Aumentan la calidad del agua y combaten igualmente enfermedades. También desarrollan las cadenas tróficas del zooplancton y sirven como alimento pre-digerido.

## Referencias

Agenda 2030 FAO:

[https://www.fao.org/sustainable-development-](https://www.fao.org/sustainable-development-goals/es/#:~:text=La%20alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20agricultura%20en%20la%20Agenda%202030%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible&text=Erradicar%20la%20pobreza%20y%20el,de%20la%20Agenda%20de%202030.)

[goals/es/#:~:text=La%20alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20agricultura%20en%20la%20Agenda%202030%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible&text=Erradicar%20la%20pobreza%20y%20el,de%20la%20Agenda%20de%202030.](https://www.fao.org/sustainable-development-goals/es/#:~:text=La%20alimentaci%C3%B3n%20y%20la%20agricultura%20en%20la%20Agenda%202030%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible&text=Erradicar%20la%20pobreza%20y%20el,de%20la%20Agenda%20de%202030.)

Avnimelech, Y. 2015. *Bioflocs Tehcnology-A practical Guide Book*, 3rd Edition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana. United States.

Bauer, W., Prentice-Hernandez, C., Tesser, M. B., Wasielesky Jr, W., & Poersch, L. H. (2012). Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 342, 112-116.

Davos 2019. [https://es.weforum.org/focus/davos-2019-92fa6567-1647-40fc-a860-d2548f2bfbe2.](https://es.weforum.org/focus/davos-2019-92fa6567-1647-40fc-a860-d2548f2bfbe2)

FAO. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018-Meeting the sustainable development goals*. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FAO 2009 Foro de expertos de alto nivel, del 13-13 de octubre, Roma 2009 FAO 2009- “Cómo alimentar al mundo en 2050”

[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues\\_papers/Issues\\_papers\\_SP/La\\_agricultura\\_mundial.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf)

Kuhn, D. D., Boardman, G. D., Lawrence, A. L., Marsh, L., & Flick Jr, G. J. (2009). Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, 296(1-2), 51-57.