
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

Fuentes de carbono más utilizadas en el cultivo de *Macrobrachium* sp. en biofloc
y su impacto en la microbiota (Revisión bibliográfica).

QUE PRESENTA EL ALUMNA

SOFÍA MACELA HEREDIA FERNÁNDEZ

Matrícula

2153025099

ASESORAS:



Interno: Dra. María del Carmen Monroy Dosta

Departamento El Hombre y su Ambiente No. (28906)

Externo: Mtra. Kathia Cienfuegos Martínez

Doctorado en Ciencias Biológicas y de la Salud



Ciudad de México.

Junio, 2021

RESUMEN

Para llevar a cabo este proyecto se realizó una recopilación bibliográfica, artículos, estudios provenientes de diversas bases de datos como “Internacional Journal of Fisheries and Aquatic Studies” (IJFAS), en “Scielo”, “Dialnet”, “World Wide Science”, “Science.gov”, “BASE”, y “Science Research.com”. Se revisaron 75 artículos de los últimos siete años para el desarrollo de cuatro temáticas principales: Marco teórico, especie del género *Macrobrachium* más cultivada en Biofloc, fuentes de carbono más utilizadas en el cultivo de langostino en Biofloc y comunidades microbianas asociadas a los sistemas de cultivo Biofloc. Los resultados indican que *M. rosenbergii* es la especie más cultivada en Biofloc obteniendo resultados positivos en el crecimiento, sobrevivencia y calidad en agua de cultivo. Con relación a las fuentes de carbono utilizadas para el cultivo de langostino en Biofloc, se determinó que, a pesar de la existencia de fuentes de carbono disponibles para su uso en acuicultura, la melaza sigue siendo la más utilizada. Dentro de las clases bacterias ampliamente identificadas en los flóculos se encuentran las Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Deltaproteobacteria y Gammaproteobacteria. Sin embargo, aún existen desafíos para futuras investigaciones relacionadas con la identificación de microorganismos producidos en biofloc, los beneficios que brindan y la variación relacionada con la fuente de carbono utilizada, parámetros ambientales, especies de cultivos, y el manejo en sistemas productivos, para ser utilizados como una idea de obtener beneficios.

Palabras clave: acuicultura, biofloc, *Macrobrachium*, microbiota.

Índice

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
MARCO TEÓRICO	5
OBJETIVO GENERAL.....	9
METODOLOGÍA	9
RESULTADOS.....	10
DISCUSIÓN.....	16
CONCLUSIONES.....	17
REFERENCIAS.....	18
ANEXOS.	23

INTRODUCCIÓN.

El género *Macrobrachium* sp., comúnmente denominados “langostinos”, está clasificado en la familia Palaemonidae, orden Decápoda, clase Crustácea, comprende un grupo de 230 especies descritas, de las cuales 26 se encuentran en América; están distribuidos en las zonas tropicales y subtropicales. En ríos y cuerpos de agua salobres costeros de México se han identificado 17 especies y cinco de estas toman importancia económica, pero no se conoce su potencial real para ser cultivadas. Su distribución alcanza desde Baja California hasta el estado de Chiapas (Vega-Villasante *et al.*, 2011).

El cultivo del género *Macrobrachium* sp. supone un valor económico destacado ya que, por su volumen, está posicionado en el lugar 37 de la producción pesquera en México; sin embargo, por su valor, se encuentra en el lugar 23. Durante 2014 se lograron 3 mil 346 toneladas con una valía comercial de 175 millones de pesos, y al siguiente año sumaron 3 mil 626, y un valor de poco más de 185 millones de pesos. (CNAP, 2016). Algunas de las especies del género *Macrobrachium* sp., tiene un alto valor económico, dados su sabor, su alto contenido de proteína y su atractivo visual (Kent, 1995), por lo que son productos bien cotizados como alimento, lo que propicia la explotación continua (Cruz-Sánchez *et al* 2019). Cabe mencionar, el que sea un producto que puede cultivarse en agua dulce (New, 2002, 2005), su pesca y cultivo reviste gran relevancia, sobre todo en zonas alejadas de la costa, donde el agua salada no es fácilmente disponible (García-Guerrero *et al.*, 2013). Por esto, es un género importante, no sólo por el número de especies sino por su biología, distribución geográfica, diversificación y valor económico de algunas.

Su cultivo se ve afectado por procesos infecciosos, ya que de entre las principales causas de mortalidad de los langostinos se encuentran los brotes de enfermedades en los estadios larvales, causados por bacterias, hongos, parásitos y virus (Varela-Mejías *et al.*, 2018). Según la FAO, los principales problemas de enfermedades que afectan al género *Macrobrachium* sp. generalmente ocurren debido a un tratamiento inadecuado del agua que ingresa al cultivo, mal manejo, sobrepoblación en los estanques, malas condiciones sanitarias y procedimientos inexistentes o inadecuados de cuarentena. Otra afectación son las dietas inadecuadas que no proveen los nutrientes suficientes para un desarrollo óptimo. En México no es usual que las productoras de alimentos para animales tengan a disposición alimento dirigido a langostinos del género *Macrobrachium* sp., por lo tanto, no es una solución óptima, se suele manejar alimento comercial formulado para camarones marinos. Por lo cual el alimento puede representar entre el 50 y 60% de los costos de producción. El uso de alimentos no específicos puede ocasionar deficiencias en el crecimiento y, por lo tanto, retardos

en alcanzar las tallas esperadas (Vega-Villasante *et al.*, 2011). Así mismo, se han detectado enfermedades metabólicas causadas por desbalances en las dietas alimenticias (Kumar *et al.*, 2004). Por lo que surgen nuevas estrategias de cultivo, como el sistema biofloc (BFT por sus siglas en inglés), que se define como una agregación conglomerada de comunidades microbianas (bioflóculos) integrada por fitoplancton, zooplancton, bacterias, en particular heterotróficas, y materia orgánica particulada viva y muerta, suspendida en el tanque (Hernández *et al.*, 2019). Los bioflóculos, en específico bacterias heterótrofas, realizan el proceso de nitrificación y desnitrificación del agua removiendo sustancias nocivas tal como el amonio, nitritos y restos de materia orgánica. A su vez los microorganismos de los bioflóculos, suministran una alimentación balanceada y generan beneficios en la salud de los organismos del cultivo. El BFT consiste en el cero o mínimo recambio de agua por lo que aumenta enormemente la bioseguridad y no se vierte agua contaminada al medio (Bioaquafloc, 2018).

El BFT se caracteriza porque ofrece la posibilidad de incrementar la densidad del cultivo, obtiene mayor productividad por unidad de área, disminuye la utilización de agua y minimiza la utilización del espacio, con lo que se reducen los costos de producción, y se garantiza un producto de mayor calidad (Hernández *et al.*, 2019). El consumo de bioflóculos por los animales genera un gran ahorro en alimento comercial, más de un 15% de los costos totales (Monja, 2016). Las bacterias de los bioflóculos generan una acción probiótica, disminuyen a los macroorganismos patógenos y activan el sistema inmune (Bioaquafloc, 2018).

Para el desarrollo de los bioflóculos se requiere una fuente de carbono ya que el BFT se basa en aprovechar las comunidades bacterianas que se unen al añadir una fuente de carbono como melaza, harina de trigo o de arroz. Collazos-Lasso *et al.*, (2015), plantean que el porcentaje de carbón que tienen las diferentes fuentes se aproxima al $\approx 50\%$, siendo la más utilizada la melaza. El uso y cultivo del biofloc se realiza a partir de una alta relación de C:N en el agua, siendo que el nitrógeno proviene del alimento no consumido y de la excreción propia del cultivo y el carbono de la adición de una fuente externa de carbohidratos, con nulo recambio de agua y una alta oxigenación (Emerenciano *et al.*, 2013). Las fuentes de carbono utilizadas para la promoción de los bioflóculos estimulan bacterias específicas, protozoos y algas, por lo tanto, influye en la composición microbiana de los bioflóculos como a sus propiedades nutricionales (Crab *et al.*, 2012). Las poblaciones microbianas que forman parte de los bioflóculos han sido definidas como “Biorreactores” (Emerenciano *et al.*, 2018) por su doble función: primero convertir los compuestos nitrogenados, como el amonio, el nitrito y el nitrato

que eventualmente generarían efectos tóxicos en el sistema (Kubitza, 2011), en proteína microbiana de alta calidad que funciona como alimento para peces y crustáceos; y segundo, mejorar y controlar la calidad del agua al fijar dichos compuestos nitrogenados potencialmente tóxicos (Crab *et al.*, 2012). Según Chu *et al.*, (2004), el término Biofloc se aplica a un compuesto constituido por un 60 a 70% de materia orgánica, la cual incluye una mezcla heterogénea de microorganismos y de 30 a 40% de materia inorgánica como coloides, polímeros orgánicos, cationes y células muertas. Pueden alcanzar un tamaño de hasta 1000 μm , son de forma irregular, altamente porosos y permeables a los fluidos. Estas comunidades microbianas se forman mediante la adición de carbono orgánico a un cuerpo de agua (Wang *et al.*, 2015) y su capacidad para controlar la calidad de ésta en el sistema de cultivo y las propiedades nutricionales de los bioflóculos están influenciados por el tipo de fuente de carbono utilizado (Crab, 2010). Por sus beneficios y fuentes de carbono en el BFT, se requiere recopilar estudios sobre las distintas fuentes de carbono que se han utilizado y su impacto en la microbiota. Por lo que el objetivo del estudio es compilar y analizar diferentes estudios de biofloc con las fuentes de carbono más usadas en el cultivo de langostinos y el impacto de estas en las comunidades microbianas.

MARCO TEÓRICO

Características generales del langostino

Para el género *Macrobrachium* sp. se presentan las siguientes características generales (Figura 1), se encuentran revestidos por un exoesqueleto llamado caparazón con espina hepática y antenal, este revestimiento cuticular está constituido principalmente por quitina; su cuerpo se divide en tres partes cefalotórax, abdomen y telson. El cefalotórax está formado por 13 segmentos, constituyen un rostrum desarrollado, comprimido y dentado, ojos pedunculados y con córneas negras, mandíbulas con palpos triarticulados, los dos primeros apéndices torácicos son quelados (maxilípedos) y el tercero es usualmente largo en los machos (quelas), y los tres apéndices posteriores presentan dactilos sencillos (pereiópodos). En esta parte se encuentran órganos importantes para el metabolismo y otros procesos fisiológicos como la hepatopáncreas, corazón (sistema circulatorio abierto), estómago, branquias, gónadas, ganglio cerebroide, sistema excretor, inserciones glandulares y musculatura de los apéndices cefalotorácicos. El abdomen está formado por seis segmentos, la pleura de los tres primeros segmentos con generalmente redondas, las del cuarto y quinto son angostas y cónicas hacia el ápice, la pleura del sexto es pequeña y triangular terminando en pico sobre la articulación con el telson; el primer par pleópodos de los machos carece de apéndice interno, son más pequeños en las

hembras, y el segundo se aprecia el apéndice masculino. El abdomen consta de una musculatura fuerte, intestino posterior y arteria aórtica posterior en la región dorsal, y el cordón nervioso y sus ganglios en la región ventral. El telson cuenta con dos pares de espinas en su parte dorsal y otros dos en el margen posterior (urópodos) (García, 2018; Bastidas, 2015, 2018; Cabrera, 2018; De Oliveira, 2017)

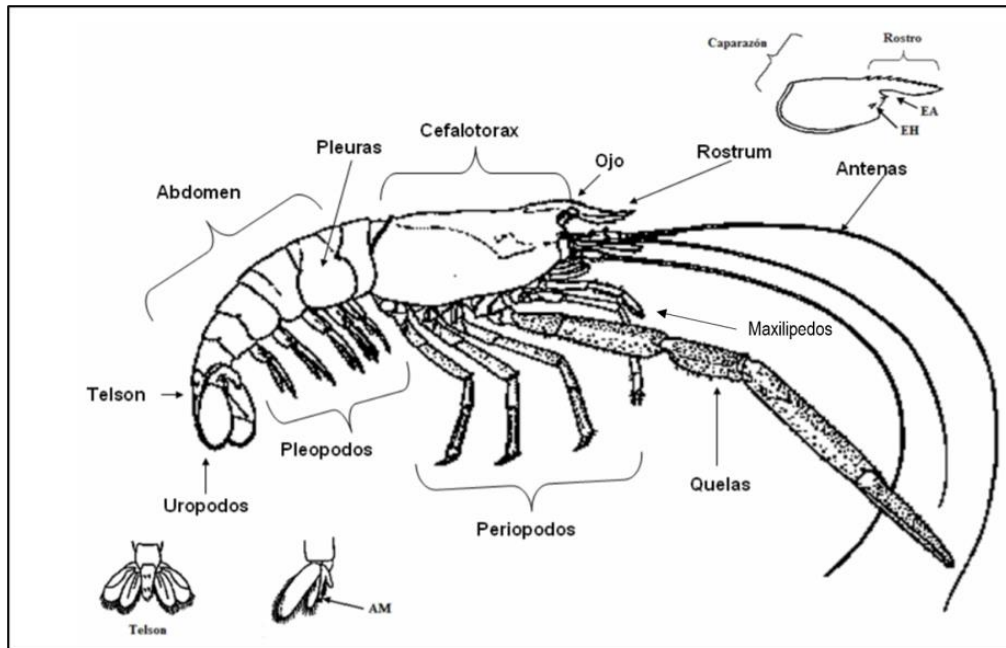


Figura 1. Generalidades morfológicas del género *Macrobrachium*. Espina hepática (EH), antena (EA), apéndice masculino (AM) y telson en vista dorsal (modificado de Hernández, 2007; New, 2002; Hernández, 2008).

El autor Landa (2019) menciona que el manejo del cultivo, va desde la siembra hasta la cosecha (el ciclo de engorda). Es difícil hablar de “granjas”, ya que la actividad de captura de langostinos se realiza en su mayoría de forma artesanal por campesinos, además, es estacional asociada a la época de lluvias y los organismos se consumen localmente o tienen una distribución limitada. El cultivo de langostinos presenta las mismas tres etapas que maneja la agricultura, es decir, la siembra, el crecimiento, y la cosecha. La cadena productiva del cultivo de langostinos implica las etapas de producción de postlarvas, engorda de juveniles, siembra, cosecha y comercialización.

De acuerdo con Romero (2018), las técnicas y métodos de cultivo ocupan un rol primordial en el cultivo de cualquier especie, ya que depende de la aplicación correcta de estas para el fracaso o éxito de las actividades acuícolas.

León-Caminati (2017), describe las variables que deben de ser registradas durante el proceso productivo de cultivo de langostino, el alimento se debe anotar la cantidad en kg que se suministra, el

peso se determina con un muestreo semanal, la densidad es promedio de langostinos que hay por m², suministrar sulfato de cobre es necesario para eliminar las algas, el hidróxido de sodio se utiliza para desinfectar el fondo de los estanques y se usa como tratamiento del agua, la vitaminas C se suministra para eliminar la cloramina y sirve como suplemento alimenticio, la melaza se utiliza como fuente de carbono para la reproducción de bacterias, es necesario contar con un sistema de aireación y que se registre a las horas que ha trabajado, se registra la temperatura mínima y máxima del agua en el día, la ideal es entre 27-29 °C, el oxígeno a está definido en ppm y se debe procurar que esté por encima de los 4 ppm, el pH óptimo es entre 7.5-8.5, el nivel de claridad del agua óptima es entre 45-55 cm, la salinidad se registra semanalmente y los valores no deben superar los 0.5 ppm, el carbonato de calcio (CaCO₃) se debe registrar quincenalmente y los valores deben de estar por encima de los 100 ppm, el amonio (NH₃) debe tener valores óptimos entre 0.2-0.3 mg/L, el nitrito (NO₂) debe de estar por debajo de 0.05 ppm, los nitratos (NO₃) no deben exceder de 6 ppm, por último la productividad de la columna de agua engloba a cuatro grupos de algas cianofitas, clorofitas, diatomeas y euglenófitas, y como límite no puede haber más de 500,000 células por ml en total (500000Cel/mL).

Importancia del microbiota

Monroy-Dosta *et al.*, (2015), realizaron una revisión sobre las comunidades microbianas en el BFT ya que estas son la base para la transferencia de energía de la materia, la reproducción de microorganismos sirve como alimento natural *in situ* para las especies cultivadas, y tiene un impacto positivo en la calidad del agua. Mencionan que la microbiota es un componente esencial en las redes tróficas de los cuerpos de agua ya que contribuyen a la regeneración de nutrientes y por su intercambio con otros organismos, por esto las comunidades microbianas actuarían de manera positiva en los sistemas de acuicultura. También, las bacterias heterotróficas se adaptan a diversos ambientes y son más eficientes dependiendo del sustrato que se use; estas bacterias son responsables de la transformación de los compuestos nitrogenados en la columna de agua, y degradar los desechos de los organismos cultivados. Abarcan a las bacterias quitinolíticas, aminolíticas y celulolíticas, las cuales se encargan de restaurar los niveles de carbono y nitrógeno por medio de la degradación, y las últimas dos degradan el almidón y la celulosa respectivamente.

La calidad del agua en un BFT está regulada por la comunidad bacteriana y su desarrollo a partir de la relación C:N, que garantiza la proliferación de bacterias heterótrofas que transforman compuestos nitrogenados en una forma más simple de compuestos que no son dañinos para el cultivo Se ha demostrado que las Proteobacterias, comúnmente encontradas en BFT, es un grupo microbiano que

se encarga del reciclaje de nutrientes y de la mineralización de componentes orgánicos en sistemas acuáticos, lo que indica que este grupo comprende bastantes géneros fototróficos y heterotróficos con gran capacidad degradativa en compuestos como el metano y metanol en ambientes acuáticos (Cienfuegos *et al.*, 2020). Deng, *et al.*, (2018) menciona que las Betaproteobacterias, también encontradas en el Biofloc, es un grupo de bacterias aeróbicas que se responsabilizan por la transformación de componentes nitrogenados, el más relevante es el género *Nitrosomonas* el cual oxida el amoníaco. Además, bacterias como Pseudomonadaceae, Caulobacteraceae, Chitinophagaceae, Sphingobacteriaceae, son eficientes en la transformación de varios compuestos generados durante el cultivo entre la columna de agua como la celulosa, la quitina, el colágeno y nitrógeno.

Sistema biofloc

Para el cultivo de langostinos en un BFT, El-Sayed (2021), menciona una serie de factores bióticos y abióticos que pueden afectar, y que deben de mantenerse en niveles óptimos: la densidad de población es clave ya que modifica las dinámicas del cultivo, la productividad, sustentabilidad y la supervivencia, crecimiento y salud, los cuales disminuirían. El aumento de este, requerirá de grandes cantidades de alimento y resultaría en un exceso de cargas de nutrientes, que deben ser reciclados por las comunidades microbianas. Estos nutrientes pueden causar la eutrofización de los sistemas, que conducen al desarrollo de biomasa microbiana. Por lo tanto, se requiere de suficiente aireación para mantener un alto contenido de partículas; además, la adición de carbono orgánico, para mantener adecuada la relación de C:N, es necesaria una fuente de carbono como un origen de energía y amonio para la síntesis de proteínas celulares. La inmovilización de amonio por bacterias heterótrofas depende de la absorción total de carbono por estas mismas y su eficiencia de conversión bruta. En el proceso de nitrificación las bacterias se estabilizan, la adición de carbono exógeno, las fuentes deben reducirse o detenerse por completo para evitar un exceso de producción de biofloc.

Se han obtenido mejores y más eficientes resultados con el BFT en el cultivo de langostinos, siempre y cuando sea la densidad de población adecuada. *Macrobrachium* sp. en BFT tienen mejor tasa de conversión de alimentos en comparación con sistemas agrícolas tradicionales porque el biofloc permite que el langostino reduzca los costos de energía en la búsqueda de alimento, proporcionando un mayor almacenamiento de energía en músculos y tejidos, y contribuyen a una mejor nutrición y eficiencia alimenticia. Los langostinos encuentran en el biofloc una fuente de complemento a su dieta, dado que es un alimento autóctono y su disponibilidad es permanente, a diferencia de las dietas artificiales, que

pierde su valor nutricional cuando entra en contacto con el agua durante largos periodos de tiempo [...] la capacidad del langostino para aprovechar la comunidad microbiana presente en biofloc puede disminuir o ser menos eficiente en densidades de población alta. Aparte de las densidades, las poblaciones evaluadas de langostinos en BFTs, tienen un promedio de aumento de peso de 2.03 g mayor que en otros sistemas (Negrini *et al.*, 2017). Esto lo respalda Nguyen, *et al.*, (2018), los langostinos mantenidos en ambientes de biofloc indican que complementan su ingesta de alimento externo con ingestas de biofloc y que esto tiene un alto valor nutricional. El entorno de biofloc, mejora la utilización del alimento externo y da como resultado una eficiencia proteica aparentemente mejorada.

OBJETIVO GENERAL

Compilar y analizar diferentes estudios de biofloc con las fuentes de carbono más usadas en el cultivo de langostinos y el impacto de estas en las comunidades microbianas.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Elegir los estudios más relacionados y relevantes sobre el biofloc en *Macrobrachium sp.*
- Organizar la información obtenida.
- Analizar la información para obtener datos cuantitativos y exponer los mejores métodos de biofloc en langostinos.

METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo de manera virtual. Se realizó una recopilación de información de distintas fuentes bibliográficas y bases de datos.

Obtención de información.

Para la investigación se utilizaron artículos y estudios provenientes de diversas bases de datos como “Internacional Journal of Fisheries and Aquatic Studies” (IJFAS), en “Scielo”, “Dialnet”, “World Wide Science”, “Science.gov”, “BASE”, y “Science Research.com”. Se seleccionaron los documentos más relevantes y fueron los principales en ser analizados, se consideraron también aquellos que complementaron o contuvieron parcialmente información para englobar la mayor cantidad de datos. La información fue lo más reciente posible, siendo el año 2015 como el mínimo y las palabras claves en los documentos fueron biofloc, fuentes de carbono, langostinos, *Macrobrachium sp.*, y cultivo de langostinos.

RESULTADOS.

De los 75 documentos analizados se observó que es del género *Macrobrachium* la especie cultivada en BFT es *Macrobrachium rosenbergii*, con resultados significativos en cuanto a supervivencia y crecimiento tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Estudios desarrollados sobre cultivo del género *Macrobrachium*.

AUTOR (ES)	ESPECIE	FUENTE DE CARBONO	MÉTODO	RESULTADOS
Ballester, et al., (2018)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Sin especificar.	BFT en cuatro dietas experimentales: dieta completa (Dieta 1 con suplementación de vitaminas y minerales); dieta sin vitamina suplemento (dieta 2); dieta sin suplemento de minerales (dieta 3) y dieta sin suplemento de vitaminas y minerales (Dieta 4).	Después de 45 días de prueba, se observaron tasas de supervivencia superiores al 90% y una tasa de conversión alimenticia de ~ 1,83 para todos los tratamientos, lo que indica que la producción de <i>M. rosenbergii</i> en el BFT no requiere la inclusión de vitaminas y minerales suplementación en la alimentación.
Lima, et al., (2021)	<i>Macrobrachium carnicus</i>	Melaza	Se llevó acabo en la Fase I (Z VI a VIII), Fase II (Z VIII a X), y Fase III (Z X a PL). Cuatro sistemas de cultivo, dos abiertos (Agua verde, y agua clara) y dos cerrados (Biofloc y Bio-filtros RAS).	La larvicultura de <i>M. carnicus</i> puede optimizarse adoptando una estrategia de manejo multifase, en la que los estadios larvarios intermedios (Z VI-IX) se crían en sistemas de Agua verde y las etapas finales (Z X-PL) se crían en el BFT. Esto último se debe al alto nivel de amoniaco que se presentó en el tratamiento, ya que la aireación se vio reducida para evitar daños en los organismos, y como

				consecuencia las larvas tuvieron baja sobrevivencia en las dos primeras Fases.
Eilious, <i>et al.</i> , (2021)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Almidón de maíz	BFT a distintas concentraciones de salinidad, 0 ups, 5 ups, 10 ups, y 15 ups.	El total de bacterias heterotróficas fueron <i>Vibrio</i> sp., ciliados, rotíferos y nemátodos. Destacan que los ciliados aumentaron conforme la salinidad lo hacía, lo que llevó a una mayor abundancia del total de zooplancton después de 26 días de cultivo.

En relación a las fuentes de carbono más utilizadas para el cultivo de langostino en Biofloc, se determinó que, a pesar de la existencia de muchas fuentes de carbono disponibles para su uso en acuicultura, la melaza sigue siendo la más utilizada (Tabla 2).

Tabla 2. Documentos de fuentes de carbono más utilizadas en biofloc para *Macrobrachium*.

AUTOR (ES)	ESPECIE	FUENTE DE CARBONO	MÉTODO	RESULTADOS
Boada (2016)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Melaza.	Sistema tradicional, BFT con y sin sustrato.	Los BFTs (con y sin sustrato) fueron los mejores para obtener una mayor sobrevivencia, con sustrato artificial obtuvieron mejor calidad de agua al disminuir compuestos nitrogenados, mejoró la productividad, presentó mayor presencia de protozoos y rotíferos, y la composición nutritiva contribuyó a un mejor perfil nutricional del langostino.

Reinoso, <i>et al.</i> , (2019)	Policultivo entre <i>Oreochromis</i> sp., y <i>Macrobrachium</i> sp.	Melaza	Diseño bifactorial 2x3 completamente al azar, siendo los factores de prueba: BFT y tradicional, y tipo de cultivo (policultivo, monocultivo de langostino y monocultivo de tilapia).	La carga bacteriana fue mayor en el BFT con predominio de <i>Bacillus</i> sp. y <i>Pseudomonas</i> sp. Los bioflóculos mostraron mayor volumen en policultivo (17.62 ml/L) y 26% de proteína. Hubo mejor desempeño productivo en el policultivo Biofloc. Por lo tanto, la diversificación de especies, tipos y sistemas de cultivo son variables para la acuicultura, generando una interacción entre los componentes químicos y biológicos, permitiendo que los procesos productivos sean sostenibles.
Miao, <i>et al.</i> , (2020)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Glucosa, sacarosa y melaza	BFT con diferentes fuentes de carbono.	No encontraron diferencias significativas en el crecimiento de los langostinos. Parece que cada tipo de biofloc cultivado con una fuente de carbono diferente, fue adecuada para promover la formación de bioflóculos, manteniendo los microorganismos beneficiosos en un rango normal para promover la inmunidad de los langostinos.
Miao, <i>et al.</i> , (2017)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Melaza	Formaron dos grupos experimentales con adición de carbohidratos y sin cambio de agua, y un grupo control. Las relaciones C:N se	El estudio sugirió que la cría de langostinos utilizando tecnología de biofloc <i>in situ</i> combinada con la adición de probióticos podría mejorar las respuestas inmunes inespecíficas y la resistencia a enfermedades bajo sistemas de

			ajustaron a 10:1 y 20:1. En el cuarto día se agregaron a todos los tanques <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Lactobacillus</i> .	intercambio de agua cero, mantener la homeostasis de microbiota intestinal y mejorar el área de absorción del intestino al aumentar la altura de pliegue intestinal.
--	--	--	--	--

Finalmente, las comunidades microbianas asociadas a los sistemas de cultivo Biofloc en el género *Macrobrachium*, están representadas por poblaciones de fitoplancton, rotíferos, ciliados, flagelados, y bacterias (Tabla 3). La abundancia de los grupos taxonómicos antes mencionados se verán afectadas por la fuente de carbono usada, como en el trabajo de Wei, *et al.*, (2020), incubaron bioflóculos por 25 días donde adicionaron glucosa, almidón y glicerol, y observaron un total de 15 phylums siendo Proteobacteria y Bacteroidetes los más abundantes para el caso de las bacterias (>70%). Las Cianobacterias se presentaron con mayor abundancia en almidón, casi diez y cuarenta veces más que en la glucosa y en el glicerol, respectivamente. El glicerol mostró una mayor abundancia de Proteobacterias (59%), seguido del almidón (43%) y glucosa (42%). Las clases que se observaron fueron Alphaproteobacteria, Betaproteobacteria, Deltaproteobacteria y Gammaproteobacteria. En la glucosa las clases más abundantes fueron Betaproteobacteria, Alphaproteobacteria y Gammaproteobacteria. En el glicerol, Gammaproteobacteria, Alphaproteobacteria y Betaproteobacteria. En el almidón, Alphaproteobacteria, Gammaproteobacteria y Betaproteobacteria. El segundo phylum más abundante fue Bacteroidetes en el siguiente orden glucosa, almidón y glicerol. Las clases más abundantes fueron Saprospirae y Flavobacteria. Como segunda, observaron 30 diferentes familias; las más abundantes Comamonadaceae en glucosa, glicerol, seguida de Rhodobacteraceae, mismas posiciones. En el almidón fue dominante la familia de Rhodobacteraceae, seguido de Chromatiaceae, y Comamonadaceae. Finalmente, Francisellaceae en glicerol, almidón y muy pobre en glucosa. Para el género, se registraron 36, en la glucosa Flavobacterium, Lewinewlla, Rheinheimera, y Rubrivivax. En almidón, Marivita, Flavobacterium, Lewinewlla, Pseudanabaena y Francisella. En glicerol, Flavobacterium, Lewinella, Rheinheimera, Francisella, Rhodobacter y Rubrivivax

Tabla 3. Estudios sobre comunidades microbianas asociadas a los sistemas de cultivo biofloc.

AUTOR (ES)	ESPECIE	FUENTE DE CARBONO	MÉTODO	RESULTADOS
Negrini, et al., (2017)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Agua verde (rica en macroorganismos)	BFT con diferentes densidades de población. En cada unidad experimental, dos pantallas de plástico estaban unidas transversalmente, se utilizaron como sustratos para el desarrollo de la biota natural.	La mayor sobrevivencia se observó en densidades de 50 ind m ² . Especificaron la presencia de <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Bacillus licheniformes</i> que son efectivos para inhibir la acción patogénica de las bacterias, y mejorar la asimilación de los nutrientes de los alimentos, colaborar con el sistema inmunológico, acelerar la degradación de los desechos y reciclaje de nutrientes.
Nguyen, et al., (2018)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Levadura de cerveza usada	Un mes antes del experimento, se inició el biofloc utilizando <i>Bacillus subtilis</i> , melaza y harina de sangre como una fuente de nitrógeno para crear la relación C:N de los tanques del biorreactor de 20:1.	Obtuvieron comunidades planctónicas que consistieron en 6 grupos de fitoplancton y 2 grupos de zooplancton. 47 géneros de fitoplancton pertenecientes a Chlorophyta (23 géneros), Bacillariophyta (12 géneros), Cyanophyta (6 géneros) y Xanthophyta (1 género). Encontraron cuatro géneros de zooplancton, los rotíferos fueron el grupo más abundante, representando 99.04% del zooplancton y su género más común fue <i>Brachionus</i> sp.

Cupertino, <i>et al.</i> , (2017)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Azúcar morena.	Comparación entre la productividad de <i>Macrobrachium rosenbergii</i> en un sistema convencional de recirculación con biofiltros y en un sistema cultivo super-intensivo sin cambios de agua con la formación de flocs microbianos.	Una alta densidad de rotíferos, ciliados, y flagelados, así como bacterias, fueron identificadas en el BFT. Atribuidas a la fuente de carbono utilizada ya que promueve un aumento de la biomasa bacteriana y estimula el desarrollo de otros organismos; estos fueron utilizados como alimento natural <i>in situ</i> por el cultivo. De ciliados fueron los géneros <i>Epistulis</i> , <i>Opercularia</i> , <i>Vorticella</i> , <i>Zoothamnium</i> , <i>Ephelota</i> , <i>Acineta</i> , <i>Acinetides</i> , <i>Topophrya</i> , <i>Vaginicola</i> , <i>Cothurnia</i> y <i>Lagenophrys</i> , y suctorias los géneros <i>Podophrya</i> y <i>Tokophrya</i> .
Eilious, <i>et al.</i> , (2021)	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Salvado de trigo, harina de arroz, melaza, almidón de maíz y un sub-producto del palmiste después de extraer el aceite, aceite de palma	BFT en 15 depósitos cilíndricos de polietileno de 125 L con volumen de agua de 100 L.	Un total de 8 géneros de zooplancton fueron hallados, 4 de ellos fueron ciliados, 3 rotíferos y 1 nemátodo. El mayor total de bacteria encontrado fue en aceite de palma; la mayor cantidad de rotíferos fueron en melaza y salvado de trigo; mayor presencia de nemátodos fue en palm kernel expeller, seguido del salvado de trigo, almidón de maíz, harina de arroz y melaza.

DISCUSIÓN.

De acuerdo a los resultados, la mayoría de los cultivos con BFT se han realizado en la especie *Macrobrachium rosenbergii* y se han usado distintas fuentes de carbono con impactos en la microbiota. Sin embargo, no hay suficientes investigaciones en el género *Macrobrachium* sp., como menciona De León (2018), actualmente no hay evidencias o registros conocidos de zonas donde se estén estudiando las poblaciones de algún *Macrobrachium* latinoamericano. Se necesita estudios de sus requerimientos para crecer en cautiverio, de la producción de larvas, de las condiciones ideales de mantenimiento y las dietas adecuadas que garanticen un crecimiento rápido, así como un manejo genético que permita seleccionar variedades más resistentes, dóciles y de crecimiento rápido. El principal problema que detiene el desarrollo de la acuicultura de estas especies a una escala comercial, es la dificultad de la crianza de larvas ya que las fases larvianas suelen ser zooplanctófagas y, por su tamaño y necesidad de alimento vivo, son difíciles de mantener en cautiverio. La investigación de las especies nativas de *Macrobrachium* de México, debe ser del interés no solo de un grupo disperso de científicos y técnicos sino de las instituciones encargadas de la protección, estudio y aprovechamiento de los recursos naturales del país (Vega-Villasante *et al.*, 2014). De igual forma hacen falta estudios sobre las fuentes de carbono y el efecto de las comunidades microbianas como mencionan Monroy, *et al.*, (2015), aún existen desafíos para futuras investigaciones relacionadas con la identificación de microorganismos producidos en biofloc, los beneficios que brindan y la variación relacionada con la fuente de carbono utilizada, parámetros ambientales, especies de cultivos, y el manejo en sistemas productivos, para ser utilizados como una idea de obtener más beneficios. La densidad y diversidad microbiana a desarrollar depende de la fuente de carbono utilizada en el desarrollo de bioflóculos, porque su constitución química determina la capacidad de las especies bacterianas que puedan utilizar y los grupos superiores que se desarrollan más tarde. Las comunidades microbianas juegan un papel activo en el cultivo, son responsables de la producción de BFT, incrementan el rendimiento del cultivo, mayor crecimiento, mejoran la calidad del agua, mejoran la respuesta inmune contra patógenos, y mayor tasa de uso de alimento (Hossein, 2020). Por lo tanto, es importante generar conocimiento sobre grupos microbianos que se están desarrollando en BFT, pero, sobre todo, para establecer la función ecológica que se está realizando, con la idea de hacer un uso más adecuado de la misma (Monroy, *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES.

El uso de glucosa, sacarosa y melaza en densidades de 50 ind m⁻², aseguran la formación de bioflóculos, se mantienen microorganismos beneficiosos, mayor sobrevivencia, mejoran la productividad, y contribuyen a un mejor perfil nutricional del langostino. El género *Macrobrachium* sp. tiene una importancia económica y pesquera en Latinoamérica en casi todas las comunidades ribereñas, y el uso del sistema biofloc ha mostrado resultados positivos para el cultivo de los mismos. Sin embargo, hacen falta estudios que se enfoquen no solo en el género sino también se encurten en un sistema de BFT y se analice la microbiota del cultivo, así como sus diferencias entre fuentes de carbono, y la que sea más recomendable por sus resultados positivos tanto en el cultivo como en la comunidad microbiana.

REFERENCIAS.

- Ballester, Eduardo, Maurente, Leonardo, Heldt, Ademir, y Dutra, Fabrício. (2018). Vitamin and mineral supplementation for *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. Latin American Journal of Aquatic Research. 46(4): 855-859.
- Bastidas, Oscar. (2015). Bioecología del camarón de río amazónico *Macrobrachium brasiliense*. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 15, 25.
- BIOAQUAFLOC. (2018). ¿Qué es el Biofloc? BAF Bioaquafloc. Disponible en: <https://www.bioaquafloc.com/biofloc/que-es-biofloc/>
- Boada, Betsi. (2016). Sustratos y Bioflocs en el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* en altas densidades durante la etapa de engorde. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Escuela de posgrado. Maestría en Acuicultura.
- Cabrera, Mónica. (2018). Efecto de alimentos funcionales para camarón blanco (*Penaeus vannamei*) sobre la expresión de genes asociados a la resistencia al virus de la mancha blanco (WSSV) y a una cepa toxigénica de *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND). Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C., 4 pp.
- Chu, C., & Lee, D. (2004). Multiscale Structures of Biological Floccs. Chemical Engineering Science, 1875-1883.
- Cienfuegos-Martínez, Kathia, Monroy-Dosta, María, Hamdan-Partida, Aída, Hernández-Vergara, Martha, Becerril-Cortés, Daniel, y López-García, Evelyn. (2020). A review of the use of probiotics in freshwater prawn (*Macrobrachium sp.*) culture in biofloc systems. Latin American Journal of Aquatic Research. 48(8): 518-528.
- Collazos-Lasso, Luis, y Arias-Castellanos, José. (2015). Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). Una alternativa para la piscicultura en Colombia. Una revisión. Instituto de Acuicultura, Fundación Orinoquia.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. (2016). Incrementó la producción de langostinos en el país. Gobierno de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/incremento-la-produccion-de-langostino-en-el-pais>
- Crab, R. (2010). Bioflocs Technology: an Integrated System for the Removal of Nutrients and Simultaneous Production of Feed in Aquaculture, Ghent University, Faculty of Bioscience Engineering, Belgium, 196 pp.

- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*. 356:351-356.
- Cruz-Sánchez, Wakida-Kusunoki, Armando, Amador-del Ángel, Luis, Frutos-Cortés, Moisés, y Brito-Pérez, Roberto. (2019). Características socioeconómicas en la pesca de los langostinos del género *Macrobrachium* en el río Palizada, Campeche, México. *Ciencia Pesquera*. 27 (1): 95-106.
- Cupertino, Eduardo, Marzarotto, Shayene, Silva, Cecília, Frozza, Amábile, Pastore, Isabel, y Abreu, Paulo. (2017). Productive performance of juvenile freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* in biofloc system. *Aquaculture Research*, 1-8 pp.
- De Oliveira, Cianca. (2017). Análisis morfométrico del camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* y del camarón marino *Litopenaeus vannamei*. Universidad Federal de Paraíba, 10-12 pp.
- Deng, M., Chen, J., Gou, J., Hou, J., Li, D. & He, X. (2018). The effect of different carbon sources on water quality, microbial community, and structure of biofloc systems. *Aquaculture*, 482: 103-110.
- Eilious, Md., Nurul, S., Salleh, Mohd, Arshad, Aziz, Karim, Murni, y Romano, Nicholas. (2021). Effect of salinity on growth, survival, and proximate composition of *Macrobrachium rosenbergii* post larvae as well as zooplankton composition reared in a maize starch based biofloc system. *Aquaculture*. 533.
- Eilious, Md., Nurul, S.M., Arshad, Aziz, Salleh, Mohd, y Karim, Murni. (2021). Effects of carbon sources on the culture of giant river prawn in biofloc system during nurse phase. *Aquaculture Reports*. 19.
- El-Sayed, Abdel-Fattah. (2021). Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. *Reviews in Aquaculture*. 13: 676-705.
- Emerenciano M, Gaxiola G, Cuzon G. (2013). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass now: cultivation and utilization*. Edit Tech Rijeka. Croatia; 1: 301–328.
- Emerenciano, M, Gaxiola, G, y Cuzon, G. (2018). Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry. *INTECH open science_ open minds*. Cap 12: 301- 327.

- García, Antonio de Jesús. (2018). Diferencias morfológicas entre poblaciones del langostino (*Macrobrachium tenellum*) en la costa de Oaxaca. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Regional Integral, 28-33, 40-86 pp.
- García-Guerrero MU, F Becerril-Morales, F Vega-Villasante, LD Espinosa-Chaurand. (2013). Los langostinos del género *Macrobrachium* con importancia económica y pesquera en América Latina: conocimiento actual, rol ecológico y conservación. *Latin American Journal of Aquatic Research* 41(4): 651-675.
- García-Guerrero, Marcelo, De Los Santo, Rodolfo, Vega-Villasante, Fernando, y Cortes-Jacinto, Edilmar. (2015). Conservation and aquaculture of native freshwater prawns: the case of the cauque river prawn *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868). *Latin American Journal of Aquatic Research*. 43(5): 819-827.
- Hernández, Liliana, Ladoño, Jorge, Hernández, Alejandra, y Torres, Laura. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 14 (1): 70-99.
- Hossein, Mohammad. (2020). Microbial community management in biofloc production aquaculture system. University of Jiroft.
- Kent, George. (1995). Acuicultura y Seguridad Alimentaria. Actas de PACON, Conferencia sobre Acuicultura sostenible de junio Honolulu, Hawai, Estados Unidos. Congreso del Pacifica sobre ciencia y tecnologías marinas.
- Kubitza, F. (2011) Crecimiento de tilapias en sistemas con bioflocs sin renovación de agua. *Panorama da Aquicultura*. 2 (125): 14-23
- Kumar, Ravi, Rao, Venkateswara, y Rao, Sambasiva. (2004). Appendage deformity syndrome a nutritional disease of *Macrobrachium rosenbergii*. *Dis Aquat Organ* 59 (1):75-8.
- Landa, Ángel. (2019). Comparación del rendimiento en relación Día-Peso y factor de conversión alimenticia, entre la alimentación manual y automática en el cultivo de langostino *Litopenaeus vannamei*, campaña 2018-2019 en la empresa EcoAcuícola SAC. Título de licenciatura. Universidad Nacional de Piura, 17-26 pp.
- León-Caminati, Alvaro. (2017). Sistema de monitoreo de variables críticas en el proceso de cultivo de langostino en agua dulce. Tesis de pregrado. Universidad de Piura. 12-27 pp.

- Lima, João, Melo, Fabiana, Ferreira, María, Flickinger, Dallas, y Correia, Eudes. (2021). Larviculture of the painted river prawn *Macrobrachium carnicus* in different culture systems. *Aquacultural Engineering*. 92.
- Miao, Shuyan, Zhu, Jinyu, Zhao, Chenze, Sun, Longsheng, Zhang, Xiaojun, y Chen, Guohong. (2017). Effects of C/N ratio control combined with probiotics on the immune response, disease resistance, intestinal microbiota and morphology of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Aquaculture*. 476: 125-133-
- Miao, Shuyan, Hu, Juntao, Wan, Wenlong, Han, Bei, Zhou, Yuchen, Xin, Zimeng, y Sun, Longsheng. (2020). Biofloc technology with addition of different carbon sources altered the antibacterial and antioxidant response in *Macrobrachium rosenbergii* to acute stress. *Aquaculture*. 525.
- Monja, M. B. L., & Mejía, C. C. (2016). Bioflocs: Tendencia en la producción acuícola sustentable. LAQUA19.
- Monroy-Dosta, María del Carmen, Rodríguez, Gustavo, y Castro-Mejía, Jorge. (2015). Importancia y función de las comunidades microbianas en los sistemas de acuicultura sin intercambio de agua. *Scientific Journal of Animal Science*. 4(9): 103-110.
- Negrini, Celma, Silva, Cecília, Bittencourt-Guimarães, Frozza, Amábile, Ortiz-Kracizy, Rafael, y Cupentino-Ballester, Eduardo. (2017). Stocking density for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Palamonidae) in biofloc system. *Latin American Journal Aquatic Research*. 45(5): 891-899.
- New, M. (2002). Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER. 428: 33, 212 pp.
- New, M. (2005). Freshwater prawn farming: global status, recent research and a glance at the future. *Aquac. Res.*, 36(3): 210-230.
- Nguyen, Nhi, Trinh, Lan, Chau, Da, Baruah, Kartik, Lundh, Torbjörn, y Kiessling, Anders. (2018). Spent brewer's yeast as replacement for fishmeal in diets for giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*), reared in either clear water or a biofloc environment. *Aquaculture Nutrition*. 25: 970-979.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). Programa de información de especies acuáticas. *Macrobrachium rosenbergii*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la -FAO.

- Reinoso, Samira, Muñoz, Daysi, Cedeño, Ricardo, Ortiz, Juan, Bangeppagari, Manjunatha, y Mulla, Sikandar. (2019). Adaptation on "Biofloc" aquatic system for polyculture with tilapia (*Oreochromis sp.*) and river prawn (*Macrobrachium sp.*). *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 8(5): 1130-1134.
- Romero, José. (2018). Texto: diseño de criaderos y cultivo del langostino (*Litopenaeus vannamei*). Universidad Nacional del Callao, 56-57 pp.
- Varela-Mejías, Alexander, & Valverde-Moya, José. (2018). Determinación de la causa de mortalidad en un vivero del langostino gigante de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* en Costa Rica: análisis de caso. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 29(2): 666-675.
- Vega-Villasante, Fernando, Espinosa, Luis, Yamasaki, Stig, Cortés, Edilmar, García, Marcelo, Cupul, Amilcar, Nolasco, Héctor, y Guzmán, Manuel. (2011). *Acuicultura del langostino Macrobrachium tenellum: Engorda en estanques semirústicos*. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa.
- Wang, G., Yu, E., Xie, J., Yu, D., Li, Z., Luo, W., Qiu, L., & Zheng, Z. (2015). Effect of C/N Ratio on Water Quality in Zero-water Exchange Tanks and the Biofloc Supplementation in Feed on the Growth Performance of Crucian Carp, *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 98- 104.
- Wei, YanFang, Wang, An-li Liao, y Shao-An. (2020). The effect of different carbon sources on microbial community structure and composition of ex-situ biofloc formation. *Aquaculture*515: 734492.

ANEXOS.