

# Tecnología Biofloc: perspectivas de aplicación en procesos de producción piscícola sostenible

Johana Gaitán Sánchez<sup>1</sup>; Eduardo Javid Corpas Iguarán<sup>2</sup>; Gloria María Restrepo Franco<sup>3</sup>

## RESUMEN

La tecnología Biofloc, es un proceso de biorremediación que permite minimizar el intercambio de agua y su uso en los sistemas de acuicultura. El sistema realiza mantenimiento adecuado de calidad del agua dentro de la unidad de cultivo, mientras que produce bioflocs ricos en proteínas, que a su vez pueden servir de alimento para organismos acuáticos (Crab, 2012). Este documento tiene como objetivo presentar la tendencia de las publicaciones científicas acerca de la tecnología Biofloc para producción piscícola durante el periodo 2010 y 2019, utilizando las herramientas de análisis bibliométrico que permiten hacer una revisión retrospectiva enfocada en las interacciones entre autores, instituciones y palabras clave. Se realizó un estudio cuantitativo descriptivo de los trabajos desarrollados en este tema, tomando la base de datos Web of Science, con una ecuación de búsqueda determinada y procesamiento de la información apoyado por las herramientas BibExcel y VOSviewer. Posteriormente, se realizó un análisis sistemático en los documentos recuperados, teniendo en cuenta las características: tipo de cultivo, tiempo experimental, relación C:N, rendimiento de crecimiento y proteico, densidad poblacional, calidad del agua y características microbiológicas y fisiológicas del cultivo. Adicionalmente, se determinaron las categorías en las cuales están definidos los estudios con relación a la tecnología y los principales desafíos identificados en la aplicación de la tecnología.

En total se encontraron 258 documentos que fueron analizados y sistematizados permitiendo la identificación de los países con mayor producción científica, instituciones participantes, relaciones de co-autoría, frecuencias de publicación, principales temas asociados con la implementación de la tecnología Biofloc y desafíos para continuar con el desarrollo con esta tecnología como alternativa de piscicultura superintensiva sostenible. Finalmente, los sistemas de tecnología Biofloc representan una oportunidad para mejorar la sustentabilidad en las prácticas acuícolas de especies que pueden emplear los microorganismos del medio de cultivo como alimento, entre ellas el camarón y la tilapia.

**Palabras clave:** piscicultura, bibliometría, indicadores bibliométricos, tecnología Biofloc, sostenibilidad.

## ABSTRACT

Biofloc technology is a bioremediation process that minimizes the exchange of water and its use in aquaculture systems. The system performs adequate maintenance of water quality within the culture unit, while producing protein-rich bioflocs, which in turn can serve as food for aquatic organisms (Crab, 2012). This document aims to present the trend of scientific publications about Biofloc technology for fish production during the period 2010 and 2019, using bibliometric analysis tools that

---

<sup>1</sup> Ingeniera química. Estudiante Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Grupo de Investigación Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad de Manizales, Manizales-Colombia.

<sup>2</sup> Bacteriólogo. Especialista en Microbiología. Doctor en Ciencias Agrarias. Grupo de Investigación en Microbiología y Biotecnología Agroindustrial, Universidad Católica de Manizales, Manizales-Colombia. [ecorpas@ucm.edu.co](mailto:ecorpas@ucm.edu.co).

<sup>3</sup> Bacterióloga. Especialista en Microbiología. Doctora en Ciencias Agrarias. Grupo de Investigación Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo, Universidad de Manizales, Manizales-Colombia. [grestrepo@umanizales.edu.co](mailto:grestrepo@umanizales.edu.co). ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0443-0369>

allow a retrospective review focused on the interactions between authors, institutions and keywords. A descriptive quantitative study of the works developed in this topic was carried out, taking the Web of Science database, with a determined search equation and information processing supported by the BibExcel and VOSviewer tools. Subsequently, a systematic analysis was carried out on the recovered documents, taking into account the characteristics: type of culture, experimental time, C: N ratio, growth and protein yield, population density, water quality and microbiological and physiological characteristics of the culture. In addition, the categories in which the studies related to technology are defined were determined and the main challenges identified in the application of the technology were determined.

In total, 258 documents were found that were analyzed and systematized, allowing the identification of the countries with the highest scientific production, participating institutions, co-authorship relationships, publication frequencies, main issues associated with the implementation of Biofloc technology and challenges to continue with the development with this technology as an alternative for sustainable super-intensive fish farming. Finally, Biofloc technology systems represent an opportunity to improve sustainability in aquaculture practices of species that can use microorganisms in the culture medium as food, including shrimp and tilapia.

**Keywords:** fish farming, bibliometrics, bibliometric indicators, Biofloc technology, sustainability.

## INTRODUCCION

La producción piscícola a nivel mundial ha tenido un desarrollo tecnológico significativo en cuanto a la optimización de sus procesos, debido a la creciente demanda de alimentos de origen acuático. Uno de estos procesos es la tecnología Biofloc con la cual se implementan sistemas de recirculación de agua en los que no se utilizan filtros mecánicos, ni biológicos convencionales (Mancipe, 2019). Los residuos orgánicos generados en la producción (heces, mucus de los peces y sobras de las raciones) son desintegrados y mantenidos en suspensión dentro de los propios tanques, sirviendo como sustrato para el desarrollo de bacteria heterotróficas. Estas bacterias se encargan de la depuración de la calidad del agua, utilizando compuestos nitrogenados potencialmente tóxicos para los peces (como amoníaco, nitrito o nitrato), la síntesis de proteínas y la biomasa microbiana que enriquecen los biofloc (Kubitza, 2011). Para que esto ocurra en forma eficiente, es necesario mantener los niveles adecuados de oxígeno, pH, alcalinidad, temperatura y sólidos suspendidos en los tanques de cultivo. Otro aspecto importante es asegurar una relación carbono nitrógeno C:N próxima a 20:1 en los residuos orgánicos presentes en el agua, lo que se realiza a través de la adición de una fuente de carbono o la alimentación de los peces con ración de bajo contenido de proteína (Yu, 2020).

La tecnología Biofloc se ha desarrollado como una alternativa para disminuir los excesos de materia orgánica y nutrientes que generan daños ambientales y permite optimizar el proceso de producción acuícola ya que el intercambio de agua es limitado o nulo (Cardona, 2015), aprovecha los residuos de los alimentos, materia orgánica y compuestos inorgánicos tóxicos, resolviendo problemas de saturación de nutrientes a partir de su reciclaje (Avnimelech, 2007), tiene la capacidad de purificar agua y a su vez generar alimento para los peces de manera simultánea (Ogello, Musa, Mulanda, Abwao, & Mbonge, 2014).

En Colombia, los cultivos acuícolas con Biofloc tienen gran importancia, ya que se han convertido en la alternativa para solucionar el conflicto de sistemas piscícolas que utilizan grandes volúmenes de agua, que ponen en riesgo la gestión del recurso hídrico, utilizando grandes extensiones de tierra que promueven producciones irregulares (Collazos, 2015). En el país se han desarrollado investigaciones en las cuales se revisan diferentes alternativas de producción en el análisis de variaciones de proteína (Brú Cordero, Pertúz Buelvas, Ayazo Genes, Atencio García, & Pardo

Carrasco, 2017), y las condiciones ambientales necesarias para llevar a cabo la implementación de cultivos en tecnología Biofloc (García & Álvarez, 2018), principalmente.

Teniendo en cuenta lo anterior, los estudios sobre estas tecnologías emergentes que impulsan la sostenibilidad de los territorios proponen un mejor uso del suelo y el manejo racional de los recursos naturales ya que la optimización de los mismos, se ha convertido en un desafío mundial (Guzmán, 2013). La producción científica acuícola utilizando la tecnología Biofloc, ha permitido conocer los factores importantes como calidad de agua, densidad poblacional acuática, rendimiento de crecimiento y ciclos de producción entre otros (Legarda, 2018). Por lo tanto, se hace necesario hacer una exploración de las tendencias en el tema con el fin de evidenciar su avance en los últimos años y consolidar las brechas de conocimiento que se han identificado para continuar el avance en la investigación.

El análisis bibliométrico permite consolidar y evaluar la producción científica sobre este tema, utilizando métodos estadísticos que brindan información particular sobre un grupo de investigadores como la cantidad de literatura publicada y el número de citas de dichas publicaciones. Adicionalmente, las contribuciones se pueden visualizar definiendo una ecuación de búsqueda que permita obtener información relevante de citas, autores, instituciones, impacto de las publicaciones y países con mayor producción científica en el tema específico (Gómez & Roel, 2005).

Mediante la implementación de indicadores bibliométricos es posible cuantificar el comportamiento de la producción bibliográfica y la comunicación científica en cualquier campo de la ciencia, a partir de dos importantes funciones: la descriptiva, en la medida que caracteriza el estado de un sistema y la valorativa, que juzga ese estado, según una perspectiva deseable (González, Guzmán, & Chaviano., 2015).

Como herramientas de visualización se planteó el uso de los softwares BibExcel (Åström, 2009) y VOSviewer (Eck & Waltman, 2010), el primero permite analizar frecuencias generando matrices de relación y los datos extraídos pueden ser exportados a Excel y el segundo permite la construcción de redes de interacción de manera gráfica dependiendo de los criterios de búsqueda, respecto de autores, países y otros descriptores (Cervantes, 2018). De acuerdo con lo anterior, el propósito de esta investigación fue realizar el análisis bibliométrico y sistemático de temas relacionados con la tecnología Biofloc a partir de la base de datos Web of Science.

## **METODOLOGÍA**

### **Tipo de estudio y material de análisis**

El análisis bibliométrico se realizó a partir de la información de la base de datos Web of Science, ya que es una de las principales fuentes de referencia para la evaluación de la investigación. La base de datos cuenta con revistas científicas de prestigio y visibilidad en las diferentes disciplinas (Archambault., 2009).

La búsqueda se realizó empleando la siguiente ecuación: *“biofloc and farm” OR “biofloc and meal” OR “biofloc and fish” OR “floc and fish” OR “biofloc and “water quality” OR “biofloc technology” OR “biofloc and shrimp” OR “biofloc and penaeu” OR “biofloc and Oreochromis” OR “biofloc and carassius”*, teniendo como ventana de observación el periodo comprendido entre 2010 y 2019 con la intención de ampliar el panorama y analizar la investigaciones e innovaciones. Para ello, se consideraron específicamente los documentos de tipología “artículos” o “revisiones” con enfoque en el tema.

## Variables bibliométricas

En la etapa inicial se establecieron los siguientes indicadores bibliométricos: número de publicaciones, países, autores y su interrelación, instituciones universitarias y total de citas, indicadores de relación y colaboración, para generar mapas temáticos entre autores y países, y la co-ocurrencia de las palabras clave definidas.

## Recopilación y análisis de datos bibliométricos

La compilación de datos se realizó utilizando la ecuación de búsqueda descrita y descarga de los registros en formato de texto plano de la base de datos de Web of Science. Se emplearon las herramientas VOSviewer y BibExcel para la gestión de los indicadores bibliométricos, para la revisión de cálculos de frecuencia y las representaciones mediante tablas y gráficas en el programa de Microsoft Excel ®.

## Análisis sistemático de los documentos recopilados

Se realizó la sistematización en la hoja de cálculo Excel de los documentos recopilados en las bases de datos, donde se identificaron las características: tipo de cultivo, tiempo de duración del experimento, relación C:N, rendimiento de crecimiento, rendimiento proteico, datos de densidad poblacional, calidad del agua y características microbiológicas y fisiológicas del cultivo. Esta información fue analizada a partir del título, resumen y palabras clave. Posteriormente, se identificaron las principales categorías en las que estaban distribuidos los temas de los documentos analizados, y se determinó la frecuencia en cada categoría.

Finalmente, con la información recopilada y el análisis realizado, se definieron los principales desafíos para el avance de aplicación de la tecnología Biofloc con potencial de apropiación en el país.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se identificaron un total de 258 documentos, en los cuales predominan los artículos de investigación con un 94,12% (240 artículos) seguido de las revisiones de tema con un 3,14% (Tabla 1). Se realizó la depuración de tres documentos debido a que tenían doble denominación. Es importante destacar que el periodo de búsqueda estuvo comprendido entre el 01 de enero de 2001 a 01 de diciembre de 2019, donde el primer artículo fue registrado en 2004.

Tabla 1. Producción científica por tipo de documento.

Número	Tipo de documento	Porcentaje
240	<i>Article</i>	94,12
8	<i>Review</i>	3,14
4	<i>Meeting Abstract</i>	1,57
2	<i>Early Access</i>	0,78
1	<i>Proceedings Paper</i>	0,39

## Indicadores de producción

La Figura 1 muestra la producción científica en el periodo definido, donde se evidencia una tendencia creciente en la divulgación de las investigaciones en el tema particularmente en los años 2014 y 2016, estas cifras pueden ser resultado del aumento en el interés en temas desde la perspectiva del uso

eficiente del suelo y del recurso hídrico bajo metodologías de producción sostenible. Posterior al año 2016, se evidenció una leve disminución en la producción científica respecto al tema puntual.

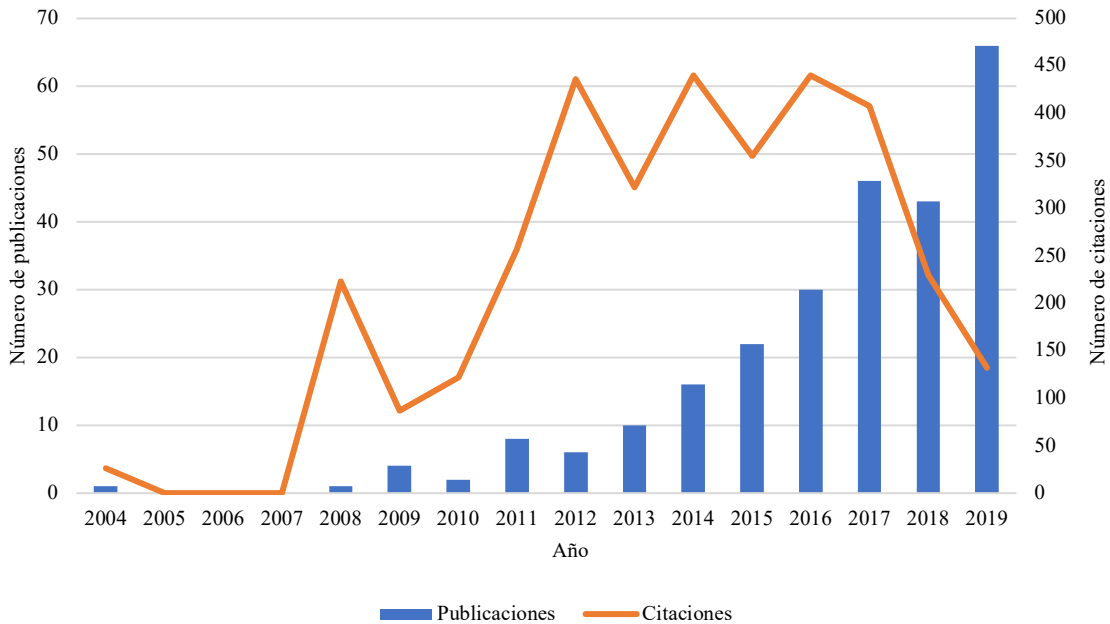


Figura 1. Producción científica sobre Biofloc por año.

### Instituciones

La participación de las instituciones en los procesos de investigación juega un papel principal ya que poseen las condiciones económicas para el desarrollo y divulgación, permitiendo fortalecer un conocimiento en particular. Revisando este aspecto, en la Figura 2 se muestran las principales instituciones con mayor participación respecto al número de publicaciones obtenidas al utilizar la ecuación de búsqueda.

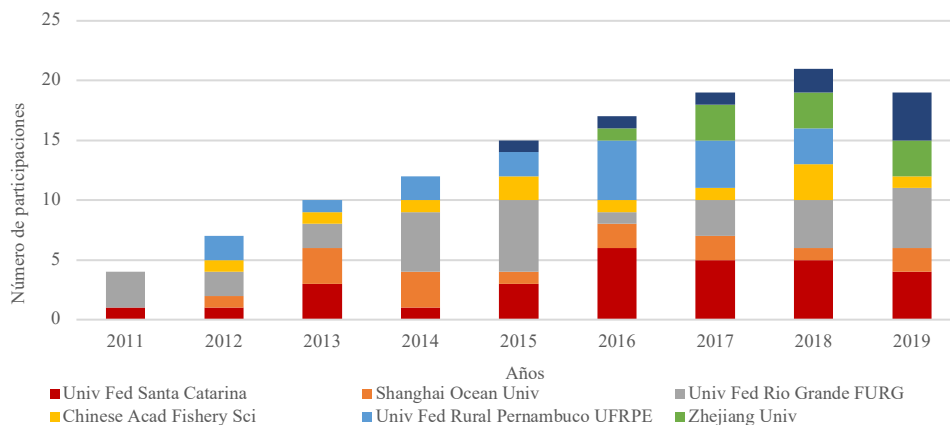


Figura 2. Principales instituciones participantes en relación con el número y año.

En el proceso de depuración de publicaciones se tomaron las 15 instituciones con mayor frecuencia de publicación. A partir de la Figura 2 se visualiza que las primeras dos instituciones son: Universidad Federal de Santa Catarina y Universidad Federal de Rio Grande FURG en Brasil. De igual manera la Universidad Federal Rural Pernambuco y Shanghai Ocean University desde el año 2012 y la

Universidad Sonora desde el año 2015, realizan aportes significativos al conocimiento e implementación de este método.

Utilizando la herramienta VOSviewer se realizó la relación de co-autorías con mínimo tres documentos por organización, donde se identificó que 53 de 251 reúnen el umbral. En la Figura 3 se presentan 18 nodos donde los más destacados corresponden a las interacciones entre la Universidad Federal de Santa Catarina y la Universidad Sonora en temas asociados a ahorro significativo en alimento y agua con variaciones en fuentes de carbono en sistemas Biofloc y análisis sobre el rendimiento de crecimiento (Ríos, Baeza, Emerenciano, Rábago, & Amarillas, 2019). Además, se evidencia el este nodo está conformado principalmente por Universidades de Brasil, a su vez tiene interacción cercana con otras como las universidades de Texas y Shangai e interacción con el clúster conformado principalmente por universidades de México.

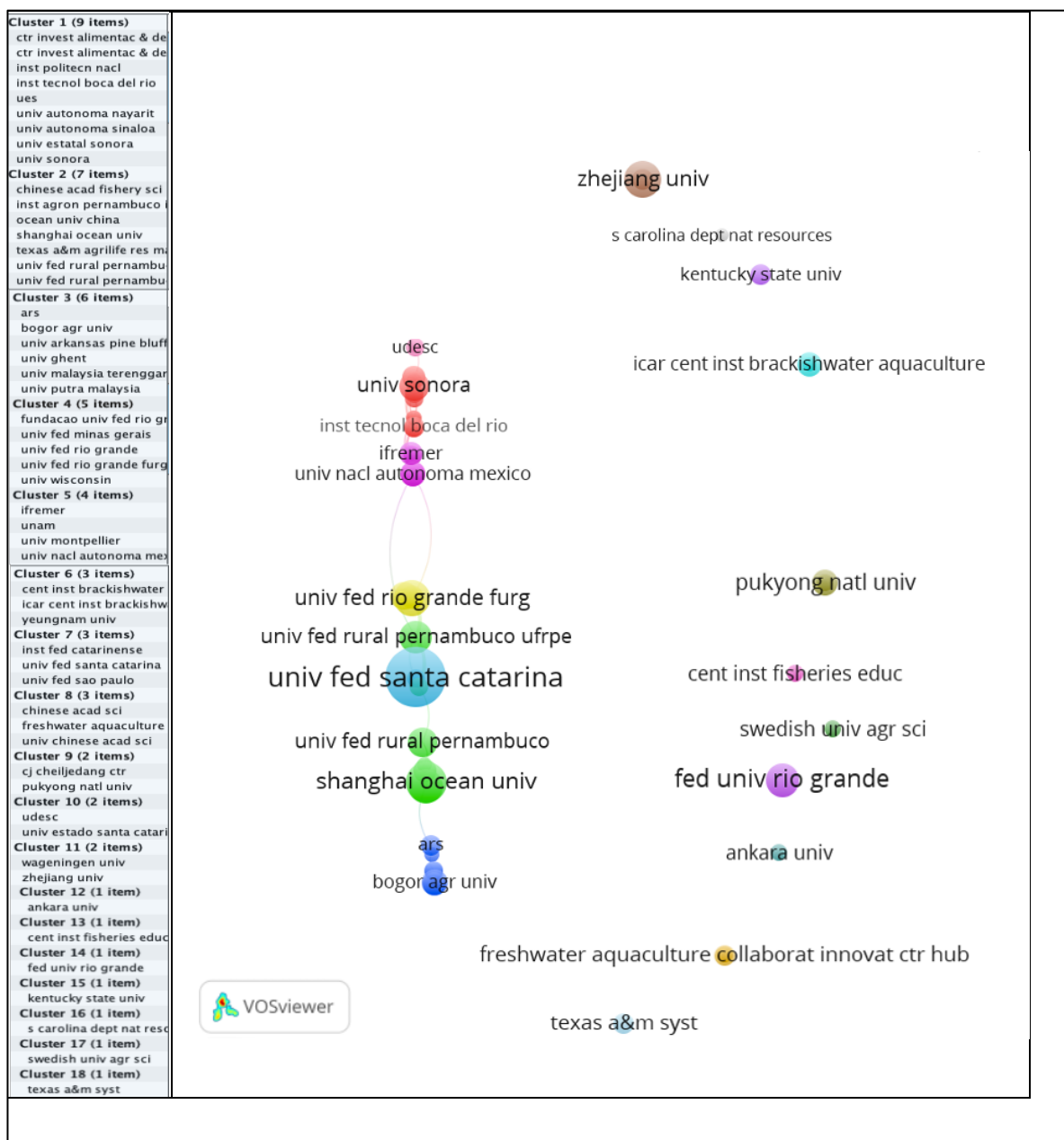


Figura 3. Nodos de relación entre instituciones.

## Colaboración internacional

Determinar las colaboraciones entre países o el origen en la generación de nuevos conocimientos, soportan el enfoque de la investigación y sus posibles potenciales investigativos. En este indicador bibliométrico se contabilizó un total de 33 países participantes.

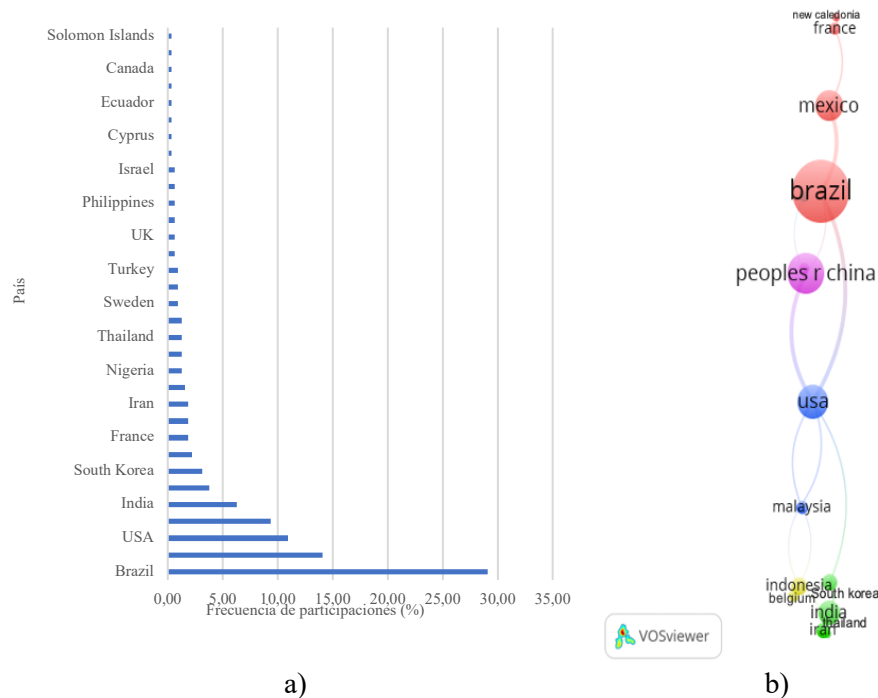


Figura 4. Participación de países. (a) Frecuencia de participación por país. (b) Nodos identificados en la colaboración entre países.

En la figura 4a es posible visualizar la frecuencia de participación de los países, siendo Brasil el país más representativo con el 30% de la participación en el periodo de tiempo analizado, trabajando en conjunto con países como China, Estados Unidos y México. En la figura 4b se destacan cuatro clúster de relación de las coautorías, siendo Brasil nuevamente el más representativo en relación estrecha sobre el tema.

En la figura 4b los nodos rojos representan relaciones dinámicas sobre el país con mayor participación y desarrollo investigativo respecto al tema; los nodos azules evidencian una relación muy fuerte de cooperación y citación entre autores y los nodos verdes son participaciones de países que tienen influencia en el desarrollo de la tecnología Biofloc con algunas variaciones.

## Revistas científicas

En los documentos analizados se encontró un total de 16 autores con índice H superior a 5. La figura 5 muestra los autores y su correspondiente índice H, evaluando el impacto en el acumulado, productividad y relevancia de las publicaciones, analizando la correlación entre la producción científica generada y la cantidad de citas recibidas de su producción académica respecto al tema en el periodo de estudio. Se destaca el trabajo de Wasielesky con un total de 509 citaciones.

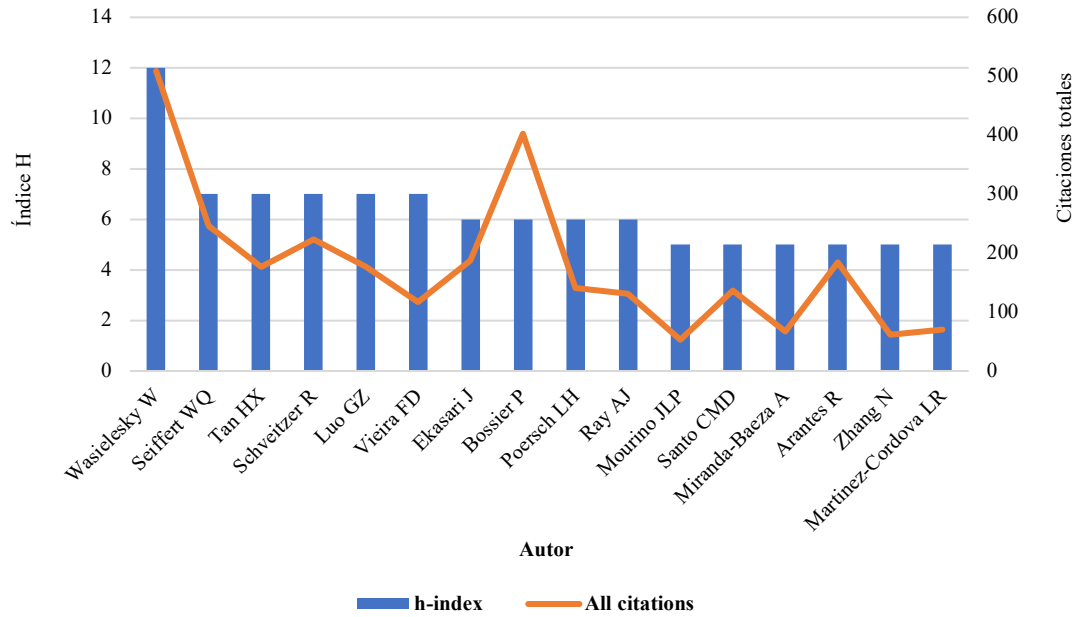


Figura 5. Principales autores y su índice H.

A su vez, se analizaron las revistas con mayor publicación sobre el tema de tecnología Biofloc, se lograron obtener las principales áreas de investigación resaltando la mayor cantidad de publicaciones en la revista: Aquaculture. Se evidencian interacciones estrechas de la revista Aquaculture con Fish shellfish immunology y Aquacultural engineering. Dicho análisis se realizó por fuentes con mínimo tres documentos por revista encontrando que 14 de estas reúnen el umbral (Figura 6).

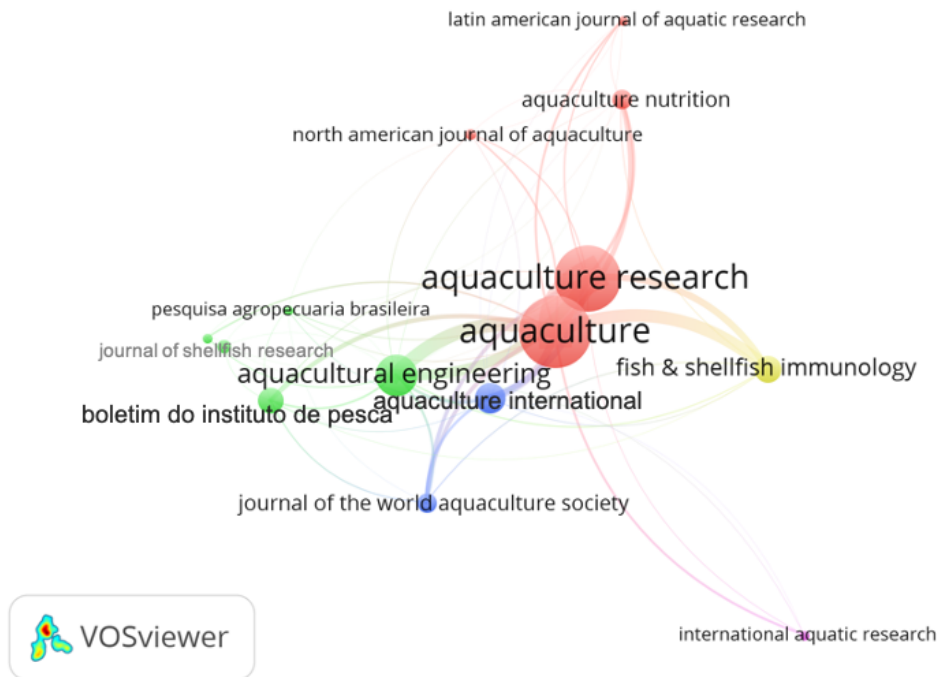


Figura 6. Citación por fuentes.





super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*” (Wasielesky, 2006) ha sido su referencia más significativa con mínimo 50 citas. El camarón es el cultivo más estudiado y representativo en las publicaciones sobre Biofloc debido a que representa el 80% del grupo más representativo en explotación (FAO, 2021).

Tabla 2. Tipo de cultivo sobre el cual se implementó la tecnología Biofloc. Información recopilada a partir de 258 documentos analizados.

<b>Etiquetas de fila</b>	<b>Número de registros</b>
Cangrejo de río rojo	1
Larvas de bagre	1
Larvas de tilapia	1
Atún rojo	2
Carpa	3
Policultivo	5
BIOFLOC	6
Pescado	7
Bagre	9
Tilapia	39
NR	52
Camarón	132
<b>Total general</b>	<b>258</b>

La segunda especie cultivada con más documentos asociados es la tilapia en el periodo de tiempo del 2014 al 2019, donde los estudios se enfocan principalmente en los factores de rendimiento de crecimiento (da Silva, 2020). En este sentido Menaga (2019) estudió estrategias de alimentación de tilapia, analizando las variaciones con diferentes fuentes de carbono y se encontró una mayor ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, supervivencia y una menor tasa de conversión alimenticia en comparación con los otros grupos experimentales.

Adicionalmente se encontraron documentos que describen los beneficios de la implementación de la tecnología Biofloc en respuesta a una necesidad urgente para preservar el medio ambiente; realizando actividades de forma sostenible (Wang, 2019). Biofloc permite mantener una calidad de agua óptima en el sistema de acuicultura manipulando las proporciones de carbono y nitrógeno en el sistema. Esta relación óptima favorece el crecimiento de bacterias heterótrofas que contribuyen a mantener una buena calidad del agua y al mismo tiempo proporcionan fuentes de alimento natural para los peces o crustáceos de cultivo (Caipang, 2019).

### *Categorías*

Del mismo modo se realizó un análisis de las principales categorías en las cuales se pueden clasificar la producción científica analizada (Figura 7). Se identificaron principalmente cuatro categorías sobre las que se fundamenta la producción científica, siendo estas: (i) “productividad” asociada al desarrollo de policultivos y densidad poblacional de diferentes especies; (ii) “rendimiento” asociado al seguimiento del crecimiento de las especies y optimización en procesos de conversión proteica; (iii) “calidad de agua” como el seguimiento a parámetros fisicoquímicos óptimos para el desarrollo de las especies” y finalmente (iv) “características microbiológicas y fisiológicas del cultivo” en las cuales se tienen en cuenta factores de supervivencia y salud en general de las especies cultivadas.

Adicionalmente se encuentran dos categorías que son: (v) “teoría Biofloc” donde se abarcan las generalidades de la tecnología en los cultivos con una participación de seis documentos y la categoría (vi) “otros” en la que se clasificaron documentos que abarcan temas asociados a especificidades de especies cultivadas en tecnología Biofloc pero sin efectos significativos sobre la tecnología misma.

En la figura 8 se evidencia que en la investigación científica la categoría de “rendimiento” aporta el 40% en análisis de crecimiento como en procesos de conversión proteica, seguido por la categoría “productividad” con el 20% y finalmente la categoría de “calidad de agua” con aporte del 12% del total de los documentos analizados. Los demás porcentajes están representados por las categorías “otros”, “teoría Biofloc” y “características microbiológicas y fisiológicas del cultivo”.

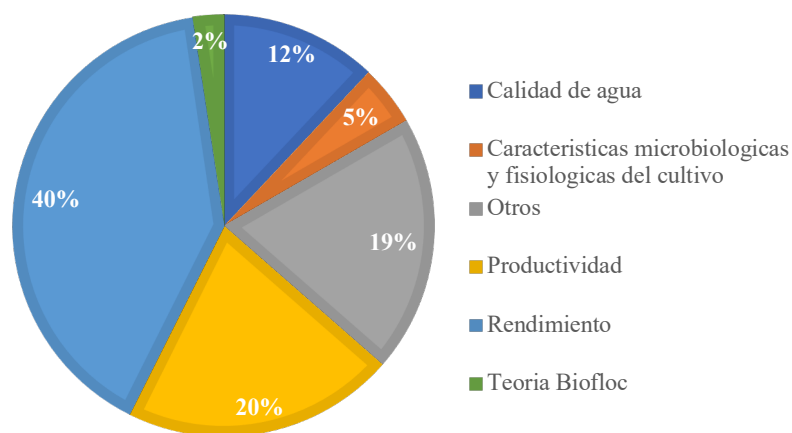


Figura 8. Categorías de clasificación Biofloc.

En la revisión documental se evidencia una destacada tendencia en la categoría de “rendimiento” ya que se relaciona estrechamente con la cantidad de alimento a suministrar y la conversión que se puede lograr para obtener las condiciones óptimas de cultivo como son los parámetros de tasa de crecimiento específico. Esta categoría está asociada linealmente con la calidad del producto lo que la hace un punto focal como propuesta de valor para consumo local y regional (Fleckenstein, 2018).

Los avances de estudio en esta categoría se llevaron a cabo principalmente entre el año 2014 y 2019. Los resultados principales de la revisión documental es que el sistema Biofloc tiene el potencial de mejorar el rendimiento del crecimiento, la respuesta inmune y la resistencia a enfermedades en las especies de cultivo como camarón blanco del Pacífico a pesar de la dieta suplementada con bajo contenido de proteínas (Panigrahi, 2019).

La segunda categoría con más documentos relacionados es “productividad”, asociada al aprovechamiento de espacio e incremento de la densidad poblacional, supervivencia y tamaño final. Esta categoría se alinea directamente con la rentabilidad del producto lo que la convierte en un elemento diferenciador para ofrecer alimento de primera calidad al mejor precio para el productor.

El sistema Biofloc promueve el aumento de la densidad de población utilizando áreas más pequeñas (Costa, 2018). Adicionalmente los resultados demuestran la viabilidad de incrementar el rendimiento hasta un 30% en policultivos en un sistema de Biofloc, con un aumento en la sostenibilidad de las crías que se generan (Adineh, 2019).

### *Principales desafíos para el avance de aplicación de la tecnología Biofloc*

La tecnología Biofloc se considera una herramienta para el crecimiento y desarrollo de la acuicultura sostenible intensiva a nivel mundial, en respuesta a la creciente demanda de productos piscícolas (Hamilton, 2018).

Dentro de los principales desafíos para el avance de la tecnología Biofloc se pueden identificar los siguientes:

- En los documentos que arrojó la búsqueda con la ecuación utilizada, se evidencia la falta de estudios con enfoque en el análisis económico del proceso de implementación, producción y/o costos operativos.
- Las especies objeto de cultivo bajo esta tecnología a hoy están muy limitadas, sin embargo, se evidencia gran producción en especies como camarón y tilapia. En el caso específico de Colombia para ampliar el conocimiento de los beneficios que la tecnología Biofloc ofrece, es necesario revisar el comportamiento en especies nativas colombianas como el bocachico que se encuentra catalogada como la principal especie de la pesquería continental colombiana y la cuarta especie más cultivada en el país en piscicultura extensiva o semi intensiva (Antencio, 2013). Igualmente se debe realizar este análisis en otras especies de alto consumo como son la trucha, cachama y bagre.
- No se evidencian en registros documentales analizados, evidencias donde se enuncien zonas geográficas con características determinadas que favorezcan la implementación de cultivos intensivos. Tampoco se describen condiciones ambientales favorables para los procesos de optimización en producción piscícola. Tan solo se puede evidenciar análisis y afectación de parámetros por presencia de gradientes de temperatura (Hostins, 2015).

### **CONCLUSIONES**

Se evidenció un crecimiento gradual en los procesos de investigación respecto a la implementación de la tecnología Biofloc en los últimos años; los principales estudios están relacionados con el rendimiento en cuanto a crecimiento y optimización de los procesos de conversión proteica en los cultivos analizados bien sean individuales o en policultivo. Se identificó gran producción científica en países como Brasil, China, Estados Unidos y México al igual que instituciones conocidas como Universidad Federal Santa Catarina, Universidad Federal Rio Grande FURG, Universidad Federal Rural Pernambuco, Shanghai Ocean University, partiendo de las relaciones que se generan entre co-autores en la ejecución de trabajos e investigaciones en conjunto para la generación de nuevo conocimiento fundamentado en la propiedades y técnicas de implementación de la tecnología Biofloc, contando con el apoyo de revistas especializadas en el tema como Aquaculture Reserch. En el análisis de las publicaciones fue posible identificar los métodos de aplicación de la tecnología Biofloc en la producción piscícola y sus efectos en los cultivos aplicados, destacando beneficios como el mejoramiento de la densidad poblacional en cultivos específicos o policultivos, incremento del rendimiento de crecimiento y mayor conversión proteica en relación específica de carbono consumido y nitrógeno generado, favorecimiento de la calidad de agua proporcionando de este modo una alternativa de acuicultura sostenible intensiva con cero recambio de agua generando uso eficiente de recurso hídrico y finalmente aportando al fortalecimiento de las capacidades inmunológicas de las especies optimizando la estadística de supervivencia frente a posibles patógenos.

Dentro de los principales desafíos para el avance tecnológico de aplicación de la tecnología Biofloc en el marco de la piscicultura sostenible se puede evidenciar que no existen referentes que permitan

hacer un análisis económico comparativo entre cultivos piscícolas intensivos, la tecnología Biofloc y la piscicultura tradicional o extensiva en tierra.

## REFERENCIAS

- Adineh, H. N. (2019). Biofloc technology improves growth, innate immune responses, oxidative status, and resistance to acute stress in common carp (*Cyprinus carpio*) under high stocking density. *Fish & shellfish immunology*, 440-448.
- Antencio, V. K. (2013). Desempeño reproductivo del bocachico *Prochilodus magdalenae* inducido dos veces en un mismo año. *MVZ Cordoba*, 3304-3310.
- Archambault, E. (2009). Comparing bibliometric statics obtained from the Web of Science and Scopus. *Journal of the American Society for information Science Technology*.
- Åström, F. D. (2009). *Celebrating Scholarly Communication Studies*.
- Avnimelech, Y. (2007). Feeding with Microbial Floes by *Tilapia* in Minimal Discharge Bioflocs Technology Ponds. *Aquaculture*, 140-147.
- Brú Cordero, S., Pertúz Buevas, V., Ayazo Genes, J., Atencio García, V., & Pardo Carrasco, S. (2017). BICULTIVO EN BIOFLOC DE CACHAMA BLANCA -*Piaractus brachypomus*- Y TILAPIA. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 44-60.
- Caipang, C. M. (2019). Backyard farming of tilapia using a biofloc-based culture system. *The Palawan Scientis*, 1-16.
- Cardona, E. S. (2015). Rearing Effect of Biofloc on Antioxidant and Antimicrobial Transcriptional Response in *Litopenaeus stylirostris* Shrimp Facing an Experimental Sub-lethal Hydrogen Peroxide Stress. *Fish & Shellfish Immunology*, 933-939.
- Cervantes, O. (2018). *State of the art beach Ecosystem Management from the tree od science Platform*. Mexico.
- Collazos, L. J. (2015). Fundamentos de la tecnología biofloc (BFT). *ORINOQUIA*, 77-86.
- Cordoba, M., & Monsalve, C. (2016). *TIPOS DE INVESTIGACIÓN: Predictiva, proyectiva, interactiva, confirmatoria y evaluativa*.
- Costa, C. F. (2018). Different densities in whiteleg shrimp culture using bioflocs and well water in subtropical climate. *B. Inst. Pesca*, e324-e324.
- Crab, D. B. (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356–357 (2012) 351–356.
- da Silva, M. A. (2020). Feeding management strategies to optimize the use of suspended feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivated in bioflocs. *Aquaculture*, 605-615.
- Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program. *Scientometrics*, 523-538.

- FAO. (2021, 03 19). *Información y Análisis sobre el Comercio Mundial de Pescado*. Retrieved from Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/in-action/globefish/marketreports/resource-detail/es/c/1241043/>
- Fleckenstein, L. J. (2018). Comparing biofloc, clear-water, and hybrid recirculating nursery systems (Part II): Tilapia (*Oreochromis niloticus*) production and water quality dynamics. *Aquacultural Engineering*, 80-85.
- García, C., & Álvarez, L. (2018). Implementación y caracterización de un sistema biofloc (bft) en condiciones climáticas de Ocaña, Norte de Santander. *Revista Colombiana de Zootecnia RCZ*, 11-15.
- Garzon, J., Miranda, J. P., & Gómez, C. H. (2016). Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación. *Universidad y Salud*, 10.
- Gómez, C. R., & Roel, C. V. (2005). Indicadores bibliometricos: origen, aplicación, contradicción y nuevas propuestas. *MedUNAB*, 29-36.
- Gonzalez, M. J., Guzmán, M. F., & Chaviano., O. G. (2015). Criterios, clasificaciones y tendencias de los indicadores bibliometricos en la evaluación de la ciencia. *Revista Cubana de informacion en Ciencias de la Salud*, 290-309.
- Guzman, M. A. (2013). *Tecnologías para el uso sostenible del agua*. Honduras.
- Hamilton, K. (2018). Salmonella risks due to consumption of aquaculture-produced shrimp. . *Microbial Risk Analysis*, 22-32.
- Hostins, B. A. (2015). Effect of temperature on nursery and compensatory growth of pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* reared in a super-intensive biofloc system. *Aquacultural Engineering*, 62-67.
- Kubitza. (2011). *Cultivo de tilapias en sistema de "Bioflocos" sin renovación de agua*.
- Legarda, E. C. (2018). Effects of stocking density and artificial substrates on yield and water quality in a biofloc shrimp nursery culture. . *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47.
- Mancipe, L. E. (2019). The biofloc systems: an efficient strategy in the aquaculture production. *Medicina, Veterinaria y Zootecnia*, 71-99.
- Menaga, M. F. (2019). Effect of in-situ and ex-situ biofloc on immune response of Genetically Improved Farmed Tilapia. *Fish & shellfish immunology*, 698-705.
- Ogello, E., Musa, S., Mulanda, C., Abwao, J., & Mbonge, J. (2014). An Appraisal of the Feasibility of Tilapia Production in Ponds Using Biofloc Technology: A review. *International Journal of Aquatic Science*, 21-39.
- Panigrahi, A. S. (2019). Influence of differential protein levels of feed on production performance and immune response of pacific white leg shrimp in a biofloc-based system of pacific white leg shrimp in a biofloc-based system. *Aquaculture*, 118-127.
- Ríos, L. G., Baeza, A. M., Emerenciano, M. G., Rábago, J. A., & Amarillas, P. O. (2019). Biofloc technology (BFT) applied to tilapia fingerlings production using different carbon sources: Emphasis on commercial applications. *Aquaculture*, 26-31.

- Wang, S. C. (2019). Effect of carbon and nitrogen ratio control on Artemia growth, water quality, biofloc microbial diversity under high salinity and zero-water exchange culture condition. *Journal of Oceanology and Limnology*, 1768-1776.
- Wasielesky, W. (2006). Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 396-403.
- Yu, Z. L. (2020). Effects of bioflocs with different C/N ratios on growth, immunological parameters, antioxidants and culture water quality in *Opsariichthyskaopingensis* Dybowski. *Aquaculture Research*, 805-815.