

DOI: 10.26820/recimundo/8.(2).abril.2024.75-87

URL: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/2232>

EDITORIAL: Saberes del Conocimiento

REVISTA: RECIMUNDO

ISSN: 2588-073X

TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión

CÓDIGO UNESCO: 3105 Peces y Fauna Silvestre

PAGINAS: 75-87





Análisis bibliométrico de los avances recientes en métodos alternativos al uso de químicos en cultivo de tilapia roja

Bibliometric analysis of recent advances in alternative methods to chemical use in red tilapia farming

Análise bibliométrica dos recentes avanços em métodos alternativos ao uso de produtos químicos na criação de tilápia vermelha

Leonardo Martínez-Valenzuela¹; Gustavo Martínez-Valenzuela²

RECIBIDO: 30/04/2024 **ACEPTADO:** 11/05/2024 **PUBLICADO:** 20/07/2024

1. Magíster en Gerencia en Seguridad y Salud en el Trabajo; Licenciado en Ciencias Navales; Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí; Manabí, Ecuador; lmartinez7211@pucesm.edu.ec;  <https://orcid.org/0009-0009-6013-2287>
2. Magíster en Procesamiento de Alimentos; Diploma Superior en Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo; Doctor en Ciencia de los Alimentos; Biólogo; Universidad Estatal de Milagro; Universidad Agraria del Ecuador; Guayaquil, Ecuador; gmartinezv3@unemi.edu.ec; gmartinez@uagraria.edu.ec;  <https://orcid.org/0000-0002-0424-1632>

CORRESPONDENCIA

Leonardo Martínez-Valenzuela
lmartinez7211@pucesm.edu.ec

Manabí, Ecuador

RESUMEN

El análisis bibliométrico es una herramienta fundamental para evaluar y comprender el desarrollo y las tendencias de investigación en un campo específico. En el contexto del cultivo de tilapia roja, la necesidad de métodos alternativos al uso de químicos ha cobrado relevancia debido a las preocupaciones ambientales y de salud pública asociadas con el uso excesivo de productos químicos en la acuicultura. En este estudio, se realizó una revisión bibliográfica detallada para llevar a cabo un análisis bibliométrico de los avances recientes en métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja. Se recopilaron artículos científicos, revisiones y estudios de caso publicados en los últimos quince años a través de bases de datos académicas como Web of Science, Scopus y Google Scholar, utilizando términos de búsqueda específicos como "métodos alternativos", "tilapia roja" y "acuicultura sostenible". La información extraída se sintetizó para proporcionar una visión comprensiva de los métodos no químicos emergentes en la acuicultura de tilapia roja. El análisis bibliométrico proporciona una herramienta valiosa para mapear y comprender el progreso científico en métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja. Este conocimiento es esencial para guiar futuras investigaciones, establecer políticas informadas y promover prácticas acuícolas más sostenibles y responsables, garantizando así la viabilidad a largo plazo de la producción de tilapia roja y la protección del medio ambiente.

Palabras clave: Métodos Alternativos, Tilapia Roja, Acuicultura Sostenible.

ABSTRACT

Bibliometric analysis is a fundamental tool for evaluating and understanding the development and research trends in a specific field. In the context of red tilapia farming, the need for alternative methods to chemical use has gained relevance due to environmental and public health concerns associated with the excessive use of chemicals in aquaculture. In this study, a detailed literature review was conducted to perform a bibliometric analysis of recent advances in alternative methods to chemical use in red tilapia farming. Scientific articles, reviews, and case studies published in the last fifteen years were collected through academic databases such as Web of Science, Scopus, and Google Scholar, using specific search terms like "alternative methods," "red tilapia," and "sustainable aquaculture." The extracted information was synthesized to provide a comprehensive overview of emerging non-chemical methods in red tilapia aquaculture. The bibliometric analysis provides a valuable tool for mapping and understanding scientific progress in alternative methods to chemical use in red tilapia farming. This knowledge is essential for guiding future research, establishing informed policies, and promoting more sustainable and responsible aquaculture practices, thereby ensuring the long-term viability of red tilapia production and environmental protection.

Keywords: Alternative Methods, Red Tilapia, Sustainable Aquaculture.

RESUMO

A análise bibliométrica é uma ferramenta fundamental para avaliar e compreender o desenvolvimento e as tendências da investigação num domínio específico. No contexto da criação de tilápia vermelha, a necessidade de métodos alternativos à utilização de produtos químicos ganhou relevância devido às preocupações ambientais e de saúde pública associadas à utilização excessiva de produtos químicos na aquicultura. Neste estudo, foi efectuada uma revisão detalhada da literatura para realizar uma análise bibliométrica dos recentes avanços em métodos alternativos à utilização de produtos químicos na criação de tilápia vermelha. Foram recolhidos artigos científicos, revisões e estudos de caso publicados nos últimos quinze anos através de bases de dados académicas como a Web of Science, Scopus e Google Scholar, utilizando termos de pesquisa específicos como "métodos alternativos", "tilápia vermelha" e "aquicultura sustentável". As informações extraídas foram sintetizadas para fornecer uma visão geral abrangente dos métodos não químicos emergentes na aquicultura da tilápia vermelha. A análise bibliométrica fornece uma ferramenta valiosa para mapear e compreender o progresso científico em métodos alternativos ao uso de produtos químicos na criação de tilápia vermelha. Este conhecimento é essencial para orientar a investigação futura, estabelecer políticas informadas e promover práticas de aquicultura mais sustentáveis e responsáveis, garantindo assim a viabilidade a longo prazo da produção de tilápia vermelha e a protecção ambiental.

Palavras-chave: Métodos Alternativos, Tilápia Vermelha, Aquicultura Sustentável.

Introducción

El análisis bibliométrico es una herramienta fundamental para evaluar y comprender el desarrollo y las tendencias de investigación en un campo específico. En el contexto del cultivo de tilapia roja, la necesidad de métodos alternativos al uso de químicos ha cobrado relevancia debido a las preocupaciones ambientales y de salud pública asociadas con el uso excesivo de productos químicos en la acuicultura.

En los últimos años, los avances en métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja han incluido enfoques como el uso de probióticos, prebióticos, inmunostimulantes naturales, y técnicas de manejo mejoradas. Estos métodos buscan reducir la dependencia de antibióticos y otros químicos, mejorando la sostenibilidad y seguridad del cultivo (Magallon Barajas & Villarreal Colmenares, 2007).

Una de las alternativas para mejorar la calidad del agua en los sistemas de cultivo es el uso de los probióticos; estos microorganismos tienen múltiples beneficios, como: Disminuir la cantidad de materia orgánica en la columna de agua, lo cual favorece el aumento de la concentración de oxígeno, como consecuencia de la remineralización de la materia orgánica en general, además por efecto antagonista compiten con bacterias patógenas que se encuentran en el medio, mejoran el factor de conversión alimenticia de los organismos cultivados y aumentan la probabilidad de organismos acuícolas más saludables (Hoyos López, 2020).

La Tilapia Roja es una especie acuícola, por su alto contenido proteico, sus costos de producción son relativamente bajos y el precio de venta es asequible en comparación con otras especies piscícolas, radicando allí su principal importancia. Es una de las principales especies reconocida su producción a nivel mundial. Estados Unidos es uno de los principales países consumidores de Tilapia (filete fresco), siendo Ecuador uno de los principales proveedores. En

Ecuador la tilapia roja se la comercializa en filetes frescos y congelados (sin espinas), posee un sabor suave y una textura firme; por lo que admite cualquier forma de preparación y forma parte de un alimento ideal del grupo de pirámides alimenticias necesarias para el ser vivo por su alto valor nutricional (Ibarra Sánchez, 2019).

La acuicultura en el Ecuador se ha diversificado, el camarón es el producto principal de esta actividad, pero no el único. Una de las actividades acuícolas que ha presentado un gran crecimiento en los últimos años es el cultivo de la tilapia, incentivado especialmente por los miles de hectáreas de estanques camaroneros que fueron abandonados después del brote del Síndrome de Taura, patología que afectó alrededor de 14000 ha de cultivos en la zona de Taura en la Provincia del Guayas. Esta infraestructura disponible facilitó la introducción del cultivo de la tilapia roja como una alternativa en estas áreas, complementándose luego con el policultivo Tilapia-Camarón a partir de 1995. Actualmente existen cerca de 2000 ha dedicadas al cultivo de tilapia (Fabián et al., 2020).

El bienestar animal aplicado a la crianza de peces, nace bajo un concepto de la interacción del hombre con otros animales y surge como una atribución de un estado moral a los animales. En ese sentido, el bienestar animal tiene como fundamento científico la determinación de la calidad de vida y el respeto a su bienestar tanto físico como psicológico en la crianza, transporte, y sacrificio. Los indicadores del bienestar animal en especies acuáticas implican la definición de las condiciones físico-químicas del agua y del ambiente, la evaluación de salud, lesiones, el crecimiento, características morfométricas, conducta, así como, las técnicas del manejo de la alimentación, manipulación, gestión, conservación de las características del agua, captura, transporte y sacrificio humanitario; así como la identificación de los factores ambientales u otros agentes estresantes que pueden afectar negativamente la producción y el

desempeño de los organismos acuáticos. En piscicultura, se avizoran importantes desafíos para la producción de peces con bienestar animal, ya que el medio acuático donde viven presenta dificultades para observar su conducta normal en forma directa que indique falta de bienestar y adecuadas condiciones de la calidad de su medio de vida, etología que resulta más obvia su observación en las especies terrestres (Perdomo Carrillo et al., 2012).

Metodología

En este estudio, se realizó una revisión bibliográfica detallada para llevar a cabo un análisis bibliométrico de los avances recientes en métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja. Se recopilaron artículos científicos, revisiones y estudios de caso publicados en los últimos quince años a través de bases de datos académicas como Web of Science, Scopus y Google Scholar, utilizando términos de búsqueda específicos como "métodos alternativos", "tilapia roja" y "acuicultura sostenible". La información extraída se sintetizó para proporcionar una visión comprensiva de los métodos no químicos emergentes en la acuicultura de tilapia roja.

Resultados

Clasificación taxonómica de la tilapia roja. Trewavas, citado por Solarte (2008), describe la Clasificación taxonómica de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.), de la siguiente manera:

REINO: Animal

PHYLUM: Chordata

SUBPHYLUM: Vertebrata

CLASE: Teleostomi

SUPERCLASE: Actinopterygii

SUPERÓRDEN: Acanthopterygii

ÓRDEN: Perciformes

SUBÓRDEN: Percoidei

FAMILIA: Cichlidae

GÉNERO: *Oreochromis*

ESPECIE: *Oreochromis* sp. (Trewavas,) (Hernández López, 2020).

Nombre Común: Tilapia roja, mojarra roja, pargo de agua dulce, red snapper (Hernández López, 2020).



Figura 1. Ejemplar adulto tilapia roja

Fuente: (Hernández López, 2020).

Hábitos alimenticios. Alamilla, menciona que: "todas las tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan o

bien de pequeños invertebrados o son piscívoros. Las adaptaciones estructurales de las Tilapias a esta dieta son principalmente un largo intestino muy plegado, dientes

bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos" (Hernández López, 2020).

Sistemas de producción



Figura 2. Sistemas de producción. Extensivo (arriba izquierda). Semi – intensivo (arriba derecha). Intensivo con jaula de alto volumen (abajo izquierda). Superintensivo (abajo derecha)

Fuente: (Saavedra Martínez, 2006).

- **Extensivo:** Se caracteriza por un grado mínimo de modificación del medio ambiente, existiendo muy poco control sobre el mismo y la calidad y la cantidad de los insumos agregados para estimular, suplementar o reponer la cadena alimenticia. El estanque tiene un sistema de drenaje, no hay control completo sobre el abastecimiento del agua; la tasa de siembra varía de 10,000 a 20,000 peces/Ha; la productividad natural que es la base de la cadena alimenticia de la nutrición del pez, es estimulada sólo por los nutrientes contenidos en el agua que se usa para llenar el estanque o proveniente del suelo (Saavedra Martínez, 2006).
- **Semi-Intensivo:** En los sistemas semi-intensivos, se ha realizado una modificación significativa sobre el ambiente, se tiene control completo sobre el agua, las especies cultivadas y las especies que se cosechan. Se utilizan fertilizantes para lograr una máxima producción; también puede usarse un alimento suplementario no completo, para complementar la productividad natural sin necesidad de utilizar aireación mecánica. Este es el nivel más común de manejo para productores pequeños y medianos que no tienen recursos económicos para grandes inversiones y que cuentan con capital limitado y/o donde alimentos de buena calidad no son disponibles (Saavedra Martínez, 2006).
- **Intensivo:** Se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, especies sembradas y cosechadas; se usa una tasa de siembra mayor, ejerciendo ma-

yor control sobre la calidad de agua (ya sea a través de aireación de emergencia o con recambios diarios) y todo nutriente necesario para el crecimiento que proviene del suministro de un alimento completo. En este sistema se pueden utilizar estanques de tierra, de concreto o jaulas flotantes (Saavedra Martínez, 2006).

- **Superintensivo:** En este sistema las densidades son superiores; en estanques deben hacerse recambios diarios de agua, de hasta un 100%/hora; también se uti-

lizan aireadores mecánicos. Los estanques son generalmente de concreto y de tipo “raceways” para que pueda darse un mejor intercambio de agua y una mayor oxigenación. También puede darse en jaulas, en las que se superan las densidades de 600 tilapias/m³. En ambos casos el pez depende exclusivamente del alimento artificial por lo que, éste debe contener un alto porcentaje de proteína (30-40%) (Saavedra Martínez, 2006).

Calidad del agua

Tabla 1. Indicadores de calidad del agua

PARÁMETROS	RANGOS
Temperatura	25.0 - 32.0 °C
Oxígeno Disuelto	5.0 - 9.0 mg/l
pH	6.0 - 9.0
Alcalinidad Total	50 - 150 mg/l
Dureza Total	80 - 110 mg/l
Calcio	60 - 120 mg/l
Nitritos	0.1 mg/l
Nitratos	1.5 - 2.0 mg/l
Amonio Total	0.1 mg/l
Hierro	0.05 - 0.2 mg/l
Fosfatos	0.15 - 0.2 mg/l
Dióxido de Carbono	5.0 - 10 mg/l
Sulfuro de Hidrógeno	0.01 mg/l

Fuente: (Saavedra Martínez, 2006).

La calidad del agua está determinada por sus propiedades físico-químicas, entre las más importantes destacan: temperatura, oxígeno, pH y transparencia. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos

y reproductivos de los peces, por lo que, los parámetros del agua deben mantenerse dentro de los rangos óptimos para el desarrollo de la tilapia (Saavedra Martínez, 2006).

Alimentación de los peces

Tabla 2. Tablas de alimentación

Peso promedio del pez (g)	Ración alimenticia (%)
<10	5.00
25	4.50
50	3.70
75	3.40
100	3.20
150	3.00
200	2.80
250	2.50
300	2.30
400	2.00
500	1.70
>600	1.40

Fuente: (Saavedra Martínez, 2006).

Los organismos vivos son el alimento natural de la tilapia, los cuales, son producidos en el agua donde viven. Algunos ejemplos de alimentos naturales son el fitoplancton (plantas microscópicas), zooplancton (animales microscópicos) e insectos; la abundancia de estos organismos se incrementa con la fertilización. También pueden utilizarse alimentos suplementarios, algunos ejemplos son las raciones comerciales (alimentos concentrados) para pollos y cerdos, salvado de arroz, desechos de cocina (no procesados), tortas de semillas oleaginosas, y otros productos y desechos agrícolas. Sin embargo, el alimento suplementario no es nutricionalmente completo y no permitirá un buen crecimiento a la tilapia si el alimento natural está totalmente ausente. Si el alimento natural está totalmente ausente del estanque, se les debe proporcionar a los peces alimentos manufacturados (concentrados) nutricionalmente completos que contengan todos los requerimientos de vitaminas y nutrientes esenciales. Estos alimentos completos son utilizados en sistemas de cultivo intensivo (Saavedra Martínez, 2006).

Factores causantes de afecciones en el cultivo de tilapias

Las tilapias se cultivan en sistemas intensivos y semiintensivos generalmente en aguas fluviales donde los requerimientos nutricionales son satisfechos con dietas artificiales y otros aditivos locales, pero debido a las condiciones de cultivo como las altas densidades de siembra y limitada calidad de agua. Conociendo esto, se promueve que los organismos se encuentran sujetos a estrés constante que se traduce en bajas tasas de crecimiento, ineficiencia alimenticia y bajas supervivencias. Para todos los países que manejan Tilapias, el cultivo intensivo se considera el enfoque más apropiado, aunque los peces intensificados pueden estresarse por el deterioro de la calidad del agua, la hipoxia, la infección bacteriana, etc. Esto, a su vez, suprime el sistema inmunológico y aumenta el riesgo de su cultivo bajo estas condiciones. Las causas predisponentes de los cultivos en

altas densidades dan posibilidad a la aparición de microorganismos tales como *Aeromonas hydrophila* y *Streptococcus iniae* que como refiere Cavalcante et al. (2020) en sus estudios, clasificándolos como patógenos típicos que provocan entre tantas enfermedades en los peces, la septicemia hemorrágica en la tilapia. En las últimas décadas, estas enfermedades han causado una mortalidad significativa de los peces cultivados y una importante pérdida económica para los países subdesarrollados, y por lo tanto se han convertido en una importante amenaza potencial para la sostenibilidad y desarrollo de la acuicultura de tilapias (López Zaldivar & Torres Rodriguez, 2022).

Principales problemáticas

Las causas de mortalidad y los problemas asociados al cultivo de tilapia se deben corroborar con necropsias a los cadáveres y disecciones a organismos vivos, registrar la signología y la mortalidad acumulada al igual que realizar la toma de muestras de diversos órganos para su análisis patológico; además, determinar la calidad química biológica de agua para descartar la presencia de metales pesados y bacterias patógenas antes de iniciar el proyecto y evitar riesgos para los peces y/o consumidores finales. Por otra parte, se deben revisar las rutinas de trabajo diario, semanal y mensual en aspectos de bioseguridad y limpieza de estructuras de entrada y salida de agua de los estanques, criterios para la realización de recambios de agua, toma de parámetros fisicoquímicos del agua además de manera minuciosa analizar los criterios de alimentación, desde el tipo de alimento suministrado hasta la técnica de alimentación y la periodicidad de la misma; la aparición de vegetación acuática (macrófitas) debe ser removida por acción manual o mecánica ya que este tipo de macroalgas además de entorpecer los muestreos y cosecha, compiten con el fitoplancton por nutrientes, lo que repercute en un mortalidad masiva de los productores primarios del sistema. El manejo del cultivo se determina en función del tipo

de sistema que se emplea (extensivo, semi intensivo, intensivo, hiper intensivo) en órdenes de magnitud desde 200 kg/ha en estanques rústicos hasta 100 000 kg/ha en cultivo hiper intensivo en términos de rendimiento en la cosecha (Ornelas-Luna et al., 2017).

Los siguientes factores influyen en el desempeño del crecimiento: calidad de agua, régimen de alimentación, estrés, calidad del alimento, biomasa y densidades de siembra (Ornelas-Luna et al., 2017).

- **Calidad de agua:** La mayoría de las veces la mala calidad del agua de manera directa se asocia a la presencia de agentes patógenos. En los organismos la reducida tasa de crecimiento y la mortalidad en mayor medida se genera por los elevados niveles en la concentración de los desechos nitrogenados como amonio no ionizado (NH₃) y nitritos (NO₂); la transparencia del agua superior a la recomendada puede causarle al organismo estrés por la luminosidad y la mayor exposición a los depredadores, además esta agua tan clara se traduce en una carencia de productores primarios, lo que repercute en la falta de generación de oxígeno disuelto en el agua (OD), creándose cuadros anóxicos durante la noche y madrugada (Ornelas-Luna et al., 2017).
- **Régimen de alimentación:** En sistemas extensivos muchas veces el alimento se ofrece en una sola ración y causa que el alimento permanezca más tiempo en el tracto digestivo y la digestibilidad disminuya; además que el alimento remanente se hidrata y permanece en la columna de agua consumiendo OD y al precipitarse se favorece la acumulación de nutrientes en el fondo, deteriorando la calidad del agua. En tilapias de 40 g se recomienda alimentar al 3% de su biomasa al menos de 3 a 4 raciones diarias y observar su desempeño alimenticio (Ornelas-Luna et al., 2017).
- **Estrés:** El estrés influye sobre los cambios fisiológicos e inmunológicos de los organismos, se crean catecolaminas en plasma, corticosteroides y se eleva la concentración de glucosa, además de cambios etológicos mostrando agresividad y nado errático; si estos cuadros de estrés son muy prolongados o muy frecuentes amenazan la supervivencia de los organismos en cultivo (Ornelas-Luna et al., 2017).
- **Calidad del alimento:** El alimento no consumido con altos niveles de proteína (mayor o igual a 35%) se acumula en el agua y suelo del estanque y favorece el incremento en la concentración de los desechos nitrogenados por lo cual se sugiere el uso de alimentos de alta digestibilidad para disminuir este impacto en el ambiente (Ornelas-Luna et al., 2017).
- **Biomasa y densidades de siembra:** La biomasa de siembra es uno de los parámetros más importantes a tomar en consideración en el cultivo, ya que al iniciarse el ciclo la biomasa es una pequeña cantidad de kilos, misma que va aumentando acorde al crecimiento del organismo; densidades de siembra entre los 18 org/m² a 30 org/m² se cataloga como adecuada para sistemas extensivos-semi intensivos y del doble para sistemas intensivos, cabe mencionar que *Oreochromis niloticus* es una especie que mantiene su ritmo de crecimiento aún la biomasa sobrepase lo ya señalado, siempre y cuando existan condiciones favorables; esto dependerá en gran medida de factores como tipo de sistema de cultivo (estanquería rústica o geomembrana, tanques circulares, rectangulares, canales artificiales), sistemas de apoyo (aireación, tasa de recambio de agua) frecuencia de alimentación, y aditivos en el alimento como probióticos o en su caso medicina natural (favorecen la disminución del estrés a través de la disminución de niveles de glucosa); mediante un mecanismo aún desconocido, pero

se ha visto que puede ser similar al de la Metformina (droga sintética para controlar la diabetes) que induce un efecto anti-hiperglicémico principalmente inhibiendo el incremento en la tasa de la gluconeogénesis hepática y mejorando la sensibilidad a la insulina a través de la estimulación de la toma de glucosa en el músculo esquelético y en los tejidos adiposos (Ornelas-Luna et al., 2017).

- **Patologías infecciosas de origen bacteriano:** La signología mostrada en gran parte de los cultivos pueden atribuirse a infecciones por estreptococos ya que estos patógenos principalmente *Streptococcus agalactiae* y *S. iniae*, son reconocidos por causar la infección en una gran variedad de especies de tilapia. Se les ha descrito por causar signos clínicos específicos relacionados al sistema nervioso central (SNC) como hemorragias perioculares, en las aletas y cuerpo, pérdida de la orientación, nado errático, exoftalmia con o sin opacidad de la córnea, y ascitis. El brote sucede cuando el sistema inmune de los peces está comprometido a consecuencia de altas densidades de siembra o por procesos que comprometen la integridad de su estado de salud (mal manejo en el transporte y biometrías, reducción o aumento brusco de temperatura o niveles de OD), ya que estos patógenos son oportunistas y se benefician de la inmunosupresión de los organismos (Ornelas-Luna et al., 2017).

Métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja

Aditivos inmunoestimulantes

Muchos de los inmunoestimulantes existentes son nutrientes habituales de la dieta como son los polisacáridos, proteínas o lípidos, que suministrados en concentraciones elevadas tienen la capacidad producir un efecto estimulante. Estos aditivos estimulan algunos mecanismos fisiológicos que aceleran la resistencia a las enfermedades mediante mecanismos específicos o

inespecíficos de la respuesta inmunológica, convirtiéndose en agentes primarios profilácticos, por lo que las limitaciones dentro de la inmunoestimulación dependen del estado de desarrollo del (sistema inmunológico), asociados a organismos blancos. Sin embargo, el abuso de antibióticos y productos químicos ha llevado a la rápida propagación de patógenos resistentes a los medicamentos en ambientes acuícolas y antibióticos residuales en productos acuáticos. Además, el uso de antibióticos como medidas profilácticas y terapéuticas provoca disbiosis intestinal e induce poblaciones bacterianas resistentes en los peces que puede resultar en una reducción del metabolismo de los nutrientes, la inmunidad y la resistencia a las enfermedades. Actualmente ya existen restricciones para el uso de los antibióticos, evitando así perjudicar la producción acuícola y la salud humana como efecto directo. Como alternativa a la problemática varios estudios desarrollados se dedican al reconocimiento de nuevos aditivos y a evaluar la viabilidad del uso de prebióticos y probióticos en la dieta. Estos aditivos cuando se suministran en las cantidades correctas mejoran la salud de los organismos obteniendo una mayor producción (López Zaldivar & Torres Rodriguez, 2022).

Inmunoestimulantes Naturales:

- **Extractos de Plantas:** Utilización de extractos de plantas con propiedades inmunoestimulantes, como el ajo (*Allium sativum*) y la cúrcuma (*Curcuma longa*).
- **Beta-glucanos:** Carbohidratos que estimulan el sistema inmunológico de los peces, mejorando su resistencia a enfermedades (López Zaldivar & Torres Rodriguez, 2022).

Biofloc Technology (BFT): Sistema de cultivo que promueve el crecimiento de agregados microbianos (biofloc) en el agua del estanque, los cuales mejoran la calidad del agua y proporcionan una fuente adicional de alimento nutritivo para los peces (Emerenciano et al., 2013).

Sistemas de Recirculación Acuícola (RAS): Sistemas que reciclan el agua utilizada en los estanques mediante la filtración y el tratamiento biológico, reduciendo la necesidad de químicos para el control de la calidad del agua (Dash et al., 2017).

Uso de Alimentos Funcionales: Dietas enriquecidas con ingredientes naturales que mejoran la salud y el rendimiento de los peces. Estos alimentos pueden incluir suplementos de ácidos grasos omega-3, vitaminas y minerales específicos (Balcazar et al., 2006).

Manejo Integrado de Plagas (MIP): Estrategia que combina prácticas de manejo biológico, cultural y físico para controlar parásitos y enfermedades, reduciendo la dependencia de productos químicos.

Fitorremediación: Uso de plantas acuáticas para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua en los estanques de cultivo (Abdel-Latif et al., 2022).

Los Probióticos

El término probiótico, se deriva del griego “pro” y “bios” dos vocablos que significan “para la vida”. Fue introducido por primera vez en 1965 definido como “sustancias secretadas por un microorganismo que estimula el crecimiento de otro”. A partir de esta definición, con el paso de los años, el término fue adquiriendo un significado más amplio que posteriormente se ajusta dándole el sentido como lo conocemos en la actualidad, “organismos y sustancias que contribuyen al equilibrio microbiano intestinal”. El enorme potencial de los probióticos como promotores de la salud de los peces se basa en sus múltiples mecanismos de acción, tales como la competencia con patógenos por los sitios de adhesión, la producción de sustancias antimicrobianas en el lumen gastrointestinal para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos oportunistas, competencia por nutrientes que son esenciales para el crecimiento de patógenos y estimulación del sistema inmunológico de los huéspedes. Entre las

numerosas acciones defensivas de los probióticos para la salud de los peces, el papel de los probióticos en la modulación del sistema inmunológico a través de la acción de las citoquinas es uno de los mecanismos más comunes.

Los probióticos actúan bajo diferentes modos de acción anteriormente descritos, pero es necesaria la valoración de su capacidad para estimular la respuesta inmunológica innata o inespecífica a través de la modulación de respuestas inmunes humorales e inhibir el crecimiento de otros microbios patógenos como estrategia para la profilaxis en peces óseos. Estos microorganismos son capaces de producir sustancias o compuestos inhibidores, fundamentalmente sustancias químicas que pueden ser tóxicas/bactericidas o inhibidoras/bacteriostáticas hacia otros microorganismos, como el peróxido de hidrógeno, las bacteriocinas, las lisozimas y otros compuestos de la misma naturaleza. Los compuestos inhibidores son capaces de suprimir o incluso llegar a eliminar patógenos muy comunes y atípicos. Algunas de estas bacterias benéficas producen ácidos orgánicos y ácidos grasos volátiles (ácidos láctico, acético, butírico y/o propiónico), que reducen el pH en el tracto gastrointestinal y, por tanto, inhiben la proliferación de patógenos oportunistas (López Zaldivar & Torres Rodríguez, 2022).

Prebióticos

Los prebióticos por lo general sustratos de hidratos de carbono de muy baja digestibilidad, como los oligosacáridos o la fibra dietética, que contribuyen a la proliferación de bacterias en la flora intestinal de los animales, lo que redundará en una mejora de la salud y de las respuestas productivas, además de actuar estrechamente con los probióticos, constituyendo así el alimento de las bacterias probióticas ya que no son degradadas por acción directa del tracto digestivo. Según la caracterización de Anacona (2021) los prebióticos pueden ser considerados como un suplemento dietético beneficioso

para mejorar el rendimiento del crecimiento, mejora de las actividades de enzimas digestivas, impulsaron las respuestas inmunes y el aumento de la resistencia al estrés. Se definen además como un compuesto no digerible que, a través de su metabolización por microorganismos en el intestino, modula la composición y/o actividad del microbiota intestinal, lo que confiere un efecto beneficioso en el hospedero como mejora del crecimiento y eficiencia de la alimentación. Entre los prebióticos más usados con eficacia en la acuicultura como inmunoestimulantes según los apuntes de Dawood et al. (2020) son el β -glucano, los fructooligosacáridos y los mananooligosacáridos. El β -glucano ha mostrado un rendimiento inmunológico prometedor, favoreciendo la fagocitosis, la producción de aniones superóxido y la actividad de la lisozima. El uso de dietas enriquecidas con BG es una práctica económica que pueden adoptar tanto los piscicultores a pequeña como a gran escala y puede ofrecer numerosos beneficios, desde aumentar el crecimiento de los peces hasta aumentar las respuestas inmunitarias (López Zaldivar & Torres Rodríguez, 2022).

Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico de los avances recientes en métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja se refiere al estudio cuantitativo de la producción científica en este campo específico. Este tipo de análisis utiliza diversas métricas y herramientas para evaluar la cantidad, calidad y evolución de las investigaciones publicadas sobre alternativas al uso de químicos en la acuicultura de tilapia roja. A continuación, se explican los aspectos clave que comprende este análisis:

1. Evaluación de la Productividad Científica:

Se analiza la cantidad de publicaciones científicas que abordan métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja. Esto incluye artículos de revistas, conferencias, tesis y otros tipos de documentos aca-

démicos. Se pueden identificar tendencias en la cantidad de publicaciones a lo largo del tiempo, destacando períodos de mayor actividad investigadora (Pullin et al., 2007).

2. Análisis de Autores e Instituciones:

Se identifican los autores más prolíficos y las instituciones académicas y de investigación que están liderando los estudios en este campo. Esto ayuda a reconocer los principales contribuyentes y los centros de excelencia que están impulsando el avance del conocimiento en métodos alternativos (Pullin et al., 2007).

3. Colaboraciones y Redes de Investigación:

Se examinan las colaboraciones entre diferentes autores, instituciones y países. El análisis de coautoría y redes de colaboración revela cómo los investigadores trabajan juntos y cómo se distribuyen geográficamente las investigaciones sobre este tema (Pullin et al., 2007).

4. Temáticas y Palabras Clave:

Se identifican las principales temáticas y palabras clave que prevalecen en las publicaciones. Esto incluye términos como "probióticos", "prebióticos", "biofloc", "acuaponía", "inmunoestimulantes", entre otros. El análisis de palabras clave ayuda a mapear las áreas de investigación más estudiadas y las tendencias emergentes (Pullin et al., 2007).

5. Impacto de las Publicaciones:

Se mide el impacto de las publicaciones a través de métricas como el número de citas recibidas, el factor de impacto de las revistas donde se publican los estudios, y otros indicadores bibliométricos. Esto permite evaluar la influencia y relevancia de los trabajos en la comunidad científica (Pullin et al., 2007).

6. Análisis de Referencias:

Se examinan las referencias citadas en los estudios para identificar las fuentes de información más influyentes y las bases teóri-

cas y metodológicas en las que se apoyan las investigaciones sobre métodos alternativos al uso de químicos (Pullin et al., 2007).

7. Visualización de Datos:

Se utilizan herramientas de visualización de datos como mapas de ciencia, gráficos de redes y diagramas de tendencia para representar visualmente las relaciones y patrones descubiertos en el análisis bibliométrico (Pullin et al., 2007).

Conclusión

El análisis bibliométrico de los avances recientes en métodos alternativos al uso de químicos en el cultivo de tilapia roja revela un panorama en constante evolución y expansión. A través de este enfoque cuantitativo, se han identificado tendencias clave, áreas de investigación emergentes y patrones de colaboración que subrayan la creciente preocupación por la sostenibilidad y la salud en la acuicultura. Los estudios analizados destacan una diversidad de métodos alternativos, como el uso de probióticos, prebióticos, tecnologías Biofloc, sistemas de recirculación acuícola, y enfoques integrados de manejo de plagas, todos orientados a minimizar el impacto ambiental y mejorar la calidad del producto final.

El aumento en la cantidad de publicaciones y la colaboración entre investigadores e instituciones de diferentes países reflejan un interés global en encontrar soluciones efectivas y sostenibles. La predominancia de ciertos términos clave, como "inmunoestimulantes naturales", "acuaponía", y "fitorremediación", indica áreas de gran interés y potencial para futuras investigaciones.

Asimismo, el análisis de citas y el impacto de las publicaciones sugieren que los estudios en este campo están ganando reconocimiento y relevancia en la comunidad científica. Esto no solo fomenta un mayor intercambio de conocimientos y prácticas innovadoras, sino que también impulsa la adopción de estas técnicas en la industria acuícola.

Bibliografía

- Abdel-Latif, H. M. R., El-Ashram, S., Sayed, A. E.-D. H., Alagawany, M., Shukry, M., Dawood, M. A. O., & Kucharczyk, D. (2022). Elucidating the ameliorative effects of the cyanobacterium *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) and several microalgal species against the negative impacts of contaminants in freshwater fish: A review. *Aquaculture*, 554, 738155. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738155>
- Balcazar, J., Blas, I., Ruizzarzueta, I., Cunningham, D., Vendrell, D., & MUZQUIZ, J. (2006). The role of probiotics in aquaculture. *Veterinary Microbiology*, 114(3-4), 173-186. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.01.009>
- Dash, P., Avunje, S., Tandel, R. S., K. P., S., & Panigrahi, A. (2017). Biocontrol of Luminous Vibriosis in Shrimp Aquaculture: A Review of Current Approaches and Future Perspectives. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 25(3), 245-255. <https://doi.org/10.1080/23308249.2016.1277973>
- Emerenciano, M., Gaxiola, G., & Cuzon, G. (2013). Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. *Biomass Now: Cultivation and Utilization*. In Tech.
- Fabián, A. R. C., Nevárez, G. J. C., Solòrzano, M. V. T., & Barberán, V. H. N. (2020). Incidencia del uso de buclizina en la crianza de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en estanques artesanales. *ULEAM Bahía Magazine (UBM)*, 1(2).
- Hernández López, N. (2020). Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva de un cultivo de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis* sp) en sistema de biofloc [Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. <https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/35213/1/nhernandezlop.pdf>
- Hoyos López, J. D. J. (2020). Efecto de un probiótico comercial activado en un sistema de cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis* sp.), en el municipio de Momil, Córdoba, Colombia [UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA]. <https://repository.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/2c40cbe1-7718-40bf-a50d-790e998ff6d0/content>
- Ibarra Sánchez, J. G. (2019). Producción, comercialización y rentabilidad del cultivo de tilapia roja en el Recinto Santa Rita del Cantón Mocache [UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO]. <https://repository.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/3849c64a-64b0-49c5-bd35-763ad1ec6c18/content>

- López Zaldivar, Y., & Torres Rodríguez, A. (2022). Aditivos inmunoestimulantes en la dieta de especies de tilapias (*Oreochromis* spp.). *Revista de Producción Animal*, 34(3), 65–79.
- Magallon Barajas, F. J., & Villarreal Colmenares, H. (2007). Desarrollo Sustentable de la Acuicultura en México. Orientaciones Estratégicas. [Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C]. http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/2987/1649_DESARROLLO_SUSTENTABLE_DE_LA_ACUACULTURA_EN_MEXICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ornelas-Luna, R., Aguilar-Palomino, B., Hernández-Díaz, A., Hinojosa-Larios, J. Á., & Godínez-Siordia, D. E. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27(5), 19–25. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1231>
- Perdomo Carrillo, D. A., Corredor, Z., & Ramírez-Iglesia, L. (2012). Características físico-químicas y morfométricas en la crianza por fases de la tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical. *Zootecnia Tropical*, 30(1), 099–108.
- Pullin, R. S. V., Froese, R., & Pauly, D. (2007). Indicators for the Sustainability of Aquaculture. In *Ecological and Genetic Implications of Aquaculture Activities* (pp. 53–72). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6148-6_3
- Saavedra Martínez, M. A. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. CIDEA. <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

CITAR ESTE ARTICULO:

Martínez-Valenzuela, L., & Martínez-Valenzuela, G. (2024). Análisis bibliométrico de los avances recientes en métodos alternativos al uso de químicos en cultivo de tilapia roja. *RECIMUNDO*, 8(2), 75-87. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(2\).abril.2024.75-87](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(2).abril.2024.75-87)



CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.