

## Uso de probióticos en el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*): Revisión

CAMILO BARRIOS SÁNCHEZ<sup>1</sup>, KADIYA CALDERÓN<sup>2\*</sup>

### RESUMEN

***En la última década, la industria acuícola ha aumentado exponencialmente y se considera que proveerá de alimento a la creciente población. El cultivo de organismos acuáticos como la tilapia representa una excelente opción por proporcionar una rica fuente de proteínas y ácidos grasos de alta calidad para la dieta humana. Sin embargo, los cultivos acuícolas están en constante amenaza por infecciones microbianas, por lo que el uso de microorganismos en forma de probióticos representa una alternativa sustentable que ofrece múltiples ventajas tanto a los organismos cultivados como a los consumidores finales por estimular la producción y buen funcionamiento del sistema inmunológico del pez, con lo cual se evita el uso indiscriminado de antibióticos. Este artículo es una revisión del uso de microorganismos utilizados como probióticos, con especial interés en los cultivos de tilapia y sus posibilidades futuras.***

**Palabras clave:** Probióticos, tilapia, sistemas de cultivo, bacterias y microalgas.

<sup>1</sup> Estudiante de Microbiología, Facultad de Ciencias Básicas y Biomédicas, Universidad Simón Bolívar, Barranquilla, Atlántico, Colombia, [camilo.barrioss13@outlook.com](mailto:camilo.barrioss13@outlook.com) <https://orcid.org/0009-0003-1423-2419>

<sup>2\*</sup> Dra. En Biología Fundamental y de Sistemas, Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México, [kadiya.calderon@unison.mx](mailto:kadiya.calderon@unison.mx), Orcid <https://orcid.org/0000-0003-3502-6449>

**Autor de Correspondencia:** Dra. Kadiya Calderón, [kadiya.calderon@unison.mx](mailto:kadiya.calderon@unison.mx)

**Recibido:** 01 / 03 / 2024

**Aceptado:** 13 / 09 / 2024

**Publicado:** 12 / 11 / 2024

### **Cómo citar este artículo:**

Barrios-Sánchez, C., & Calderón, K. (2024). Uso de probióticos en el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*): revisión. *EPISTEMUS*, 18(37), e3704360. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v18i37.360>

## Use of probiotics in tilapia culture (*Oreochromis niloticus*): Review

### ABSTRACT

***In the last decade, the aquaculture industry has grown exponentially and is considered that it will provide food for the growing population. The culture of aquatic organisms such as tilapia represents an excellent option for providing a rich source of high-quality proteins and fatty acids for the human diet. However, aquaculture farms are constantly threatened by microbial infections, making the use of microorganisms in the form of probiotics a sustainable alternative that offers multiple advantages to the cultivated organisms and to final consumers. Probiotics stimulate the production and proper functioning of the fish's immune system, thereby avoiding the indiscriminate use of antibiotics. This article is a review of the use of microorganisms used as probiotics, with a special interest on tilapia farming and its future possibilities.***

**Key words:** Probiotics, tilapia, culture systems, bacteria and microalgae.



## Introducción

### Tilapia (*Oreochromis* spp.)

La tilapia (*Oreochromis* spp.) es un género de peces teleósteos (peces con huesos) que habita principalmente en agua dulce. Es originario del continente africano, aunque es posible encontrarlo en todas las zonas tropicales del mundo hoy en día, las principales especies cultivadas son *O. aureus* (tilapia roja), *O. niloticus* (tilapia plateada) y *O. mosambicus* (tilapia negra) [1].

Tomado de Hernandez *et al.*, [29]

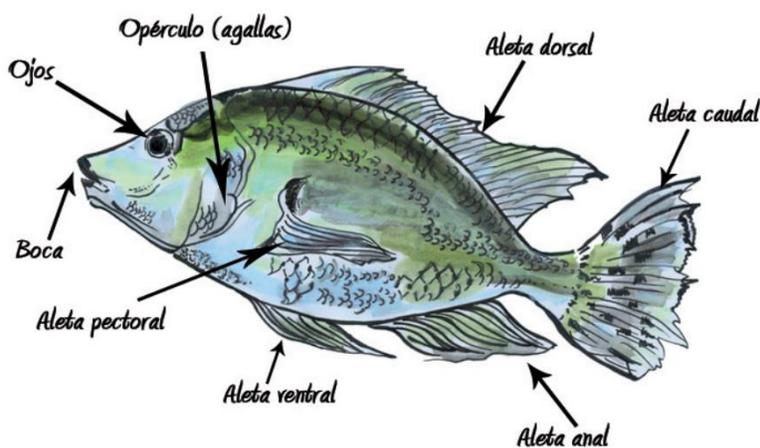


Figura 1. Tilapia y sus partes

A nivel mundial, el consumo de tilapia y otros productos de origen acuático, como peces y crustáceos, es realmente demandante sobre todo en países asiáticos, africanos y particularmente Estados Unidos [2], [3].

Según la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) en 2019, el 72% del consumo global de alimentos de origen acuático en Asia fue de 24.5 kg per capita al año [4].

Por otro lado, el bajo costo de la producción de tilapia incide en el descenso en precios realmente accesibles para su consumo por la población, según la FAO en 2024 [5]. También, el aporte nutricional de la tilapia lo convierte en un alimento de gran importancia para la población [6] (Tabla 2).

**Tabla 2. Contenido nutricional de la tilapia**

Nutriente	INCAP	Hernandez <i>et al.</i> ,
Carbohidratos	0g/100g	0g/100g
Grasas	1.70g/100g	1.78g/100g
Fibras crudas	0g/100g	0g/100g
Cenizas	0.93g/100g	0.93g/100g

En Latinoamérica, México se posiciona como el noveno productor mundial de tilapia [7] y Colombia es el principal exportador de tilapia roja (*Oreochromis aureus*) a Estados Unidos con un 45 % [8].

### Probióticos

Los probióticos son microorganismos vivos que ofrecen beneficios al hospedero que habitan, mientras se mantengan en cantidades adecuadas: suficiente para causar beneficios sin provocar una disbiosis [9]. Estos ingresan al hospedero a través de la dieta y se alojan en su tracto gastrointestinal, con lo que promueven la digestión de los alimentos, su absorción, producción de enzimas y vitaminas, además de otros compuestos de importancia, como factores de crecimiento [10], [11]. Los probióticos





pueden ser bacterias, hongos levaduriformes o microalgas y su uso va a depender del organismo hospedero [12], [13].

Debido a su abundancia y diversidad, morfología y características funcionales, pueden llegar a desempeñar papeles determinantes en el desarrollo y correcto funcionamiento del hospedero, como los siguientes: producción de enzimas con actividad lítica (hidrolasas de azúcares, proteínas, etc.) [14] y de vitaminas (como la B12, B3, entre otras); producción de compuestos, como factores de crecimiento, peróxido de hidrógeno u óxido nítrico; producción de sustancias antimicrobianas; efecto antagónico contra bacterias patógenas (al evitar su unión al epitelio o inhibiendo su crecimiento); estimulación del sistema inmune y del crecimiento, y diferenciación de células del tracto gastrointestinal [9], [10], [11], [14], [15].

Para elegir uno o más microorganismos que cumplan funciones probióticas en un hospedero, se deben tener en cuenta los siguientes factores, señalados en [10]. 1) Actividad antibiótica: esta puede ser llevada a cabo por la síntesis de bacteriocinas u otros compuestos que inhiban la microbiota indeseable o patógena. 2) Baja o nula resistencia antibiótica: esto es indispensable para evitar la generación de cepas multirresistentes, a través mecanismos como transformación o conjugación, que podrían desempeñar papeles patógenos en situaciones de inmunosupresión. 3) Capacidad de sobrevivir a las condiciones del tracto gastrointestinal: por ejemplo, producir ureasa para resistir el paso por el estómago, no ser inhibidas por las sales biliares ni por pH muy ácido y capacidad de formar biofilms o biopelículas para aumentar la tasa metabólica, la producción de compuestos y enzimas que



favorezcan al hospedero. 4) Actividad antioxidante: esta contrarresta la formación de radicales libres y estimula el sistema inmune del hospedero. 5) Producción de enzimas líticas: estas permiten la digestión de macromoléculas como almidón, proteínas, ácidos nucleicos y ácidos grasos provenientes de la dieta. Por último, 6) ausencia de actividad hemolítica ( $\gamma$ -hemólisis).

Otra característica importante que debe considerarse en estos microorganismos es la hidrofobicidad [16]. Esta permite que puedan incorporarse en los pellets del alimento del hospedero correctamente, por su contenido graso. Esto evita que se precipite al fondo del agua, lo cual podría provocar un exceso de nutrientes como nitrógeno y fósforo en el agua y en los sedimentos. Esto podría contribuir a problemáticas como la eutroficación [16].

A su vez, el uso de los probióticos está ampliamente extendido en diversas especies animales, entre los que se incluyen la mayoría de los animales de producción primaria y de compañía, y en seres humanos. Sin embargo, los avances en el uso de estos microorganismos han orillado las investigaciones a tratar de encontrar bacterias, levaduras o microalgas que favorezcan al hospedero que habitan.

Además, el estudio de probióticos estuvo limitado a bacterias ácido-lácticas, ya que se enfocaban en su mayoría en mamíferos. Estas bacterias son capaces de atravesar todo el sistema digestivo, desde la boca hasta el intestino, sin ser inhibidas por la bilis y pueden también resistir el pH ácido del órgano. Sin embargo, algunos animales con sistemas digestivos menos desarrollados, como el de los peces o crustáceos, pueden beneficiarse de otros microorganismos, como cepas no





patógenas de *Vibrio* spp. Estas cepas producen vibriocinas, que inhiben el crecimiento de cepas patógenas del mismo género, tales como *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio harveyi*, y otros patógenos como *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophyla*, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa* [17].

### **Sistemas de cultivo acuícolas que utilizan probióticos**

Los sistemas de cultivo acuícola se pueden agrupar en cuatro niveles técnicos: extensivo, semi-intensivo, intensivo y super-intensivo. La separación de estas técnicas radica en el nivel tecnológico que se aplica, el cual es resultado del control que se ejerce sobre las variables del desarrollo de los cultivos y que se traduce en mejores tasas de crecimiento e incrementos de la producción. Para el cultivo de tilapia, el más extendido alrededor del mundo es el sistema intensivo: mediante la creación de espacios de cría artificiales (estanques, jaulas o corrales) se permite el cultivo de especies que se desarrollen en agua dulce, en salada y en salobre [18].

Sin embargo, los sistemas de cultivo afectan la calidad del agua utilizada, ya que delimitar los espacios ocasiona acumulación de desechos orgánicos, entre ellos, restos de alimentos y heces. Los nutrientes nitrogenados, como amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), así como compuestos fosforados, principalmente fosfatos ( $\text{PO}_4^-$ ), se acumulan en la columna de agua y en los sedimentos, lo cual favorece la eutrofización. A su vez, lo anterior provoca que ocurra una disminución del oxígeno disuelto en el agua y de la cantidad de luz que la atraviesa. Esto causa la muerte de especies animales que habitan [19].



Por otro lado, esto también repercute en las prácticas de explotación acuícola, debido a que la acumulación de estos desechos conlleva la alteración de las características fisicoquímicas del agua y del suelo de los estanques. El control de estos parámetros es indispensable para el correcto desarrollo de los peces [20].

De acuerdo con lo anterior, la acuicultura extensiva es una práctica no sostenible en sí misma. Por ello, con el paso de los años se desarrollaron técnicas de cultivo de peces a gran escala que minimicen estos problemas, como la eutrofización y disminución de la calidad del agua. En los sistemas de cultivo alternativos como biofloc (también conocidos como biofloculos), los nutrientes que se acumulan son ciclados a través de la introducción de inóculos microbianos, principalmente bacterianos, que permanecen suspendidos en el agua del tanque. Los bioflocs incluyen bacterias nitrificantes y desnitrificantes, las cuales convierten los compuestos nitrogenados a nitrógeno molecular ( $N_2$ ). Este escapa fácilmente a la atmósfera, con lo que se evitan problemas de eutrofización [21].

El uso de microorganismos probióticos en acuicultura intensiva ha sido ampliamente estudiado y se ha extendido al cultivo de múltiples especies acuáticas de interés alimenticio, como el camarón [22]. Esto permite el control de enfermedades infecciosas comunes en los sistemas de explotación intensiva, ya sea virales [23], bacterianas [24] o incremento de la inmunidad y resistencia a enfermedades [25].

Por otro lado, la aplicación de cepas probióticas dentro de sistemas de cultivo tipo biofloc ha mostrado resultados similares a su uso en cultivos intensivos, con el





agregado de los beneficios propios del sistema. Entre estos beneficios, destacan el aumento de la respuesta inmune y la disminución en la producción de enzimas antioxidantes como superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT) [26], así como el incremento de tamaño, peso y tasa de supervivencia ante infecciones causadas por especies patógenas como *Streptococcus agalactiae* [27] y *Vibrio parahaemolyticus* [28].

### **Probióticos más utilizados en el cultivo de tilapia**

Los microorganismos pueden actuar como probióticos de diferentes maneras para beneficiar al hospedero. Esto puede ocurrir por exclusión competitiva de microorganismos patógenos en el tracto digestivo, por inducción de una respuesta inmune efectiva contra organismos patógenos, o bien, por aporte de enzimas exógenas que coadyuvan a la digestión de alimentos por el hospedero [29].

En la cría de tilapia, se ha observado una amplia adopción de sistemas de cultivo intensivo, así como de otros sistemas como el biofloc. Para esta especie, la mayoría de los productos comerciales contienen *Enterococcus faecium*, un lactobacilo Gram positivo que ha demostrado mejorar los parámetros inmunológicos innatos de este pez [30].

Asimismo, la bacteria *Bacillus subtilis* es ampliamente utilizada como probiótico, ya que ha demostrado incrementar la concentración de lisozimas, proteínas antimicrobianas e inmunoglobulinas IgM en los organismos [31]. Por otro lado, *Lactobacillus acidophilus* ha demostrado tener un efecto inhibitorio sobre la mayoría de los patógenos principales del sector acuícola. Su capacidad para producir



bacteriocinas y de promover el crecimiento, incluso cuando se agrega directamente en el agua, lo hace un candidato idóneo para su uso en bioflóculos.

*Bifidobacterium* sp., en particular *B. bifidum*, también ha demostrado un efecto antagonista contra *Aeromonas hydrophila* [31]. *Lactococcus lactis* es otra bacteria con propiedades probióticas destacada, por la producción de ácidos orgánicos y bacteriocinas que inhiben el desarrollo de la microbiota patógena. Por su parte, *Leuconostoc* sp. destaca como controlador de enfermedades, promotor de la respuesta inmune y productor de enzimas [31]. Curiosamente, cepas no patógenas de *Vibrio* sp. han demostrado inhibir el crecimiento de cepas patógenas del mismo género, por lo que su aplicación y uso se ha hecho más frecuente, aunque está restringido a la acuicultura en agua salada.

Por otro lado, el empleo de hongos se encuentra menos extendido y se limita a dos especies principales. La primera es la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, reconocida por su capacidad para potenciar la respuesta inmunitaria en la tilapia, así como por aumentar los niveles de lisozimas en sangre y favorecer el crecimiento [44]. La segunda, *Aspergillus oryzae*, ha mostrado efectos inmunoestimulantes al incrementar el recuento de leucocitos en sangre de la tilapia [45], lisozima en suero y capacidad fagocítica de macrófagos en condiciones de estrés como salinidad [32]. Por último, el uso de microalgas en la cría de tilapia se ha extendido considerablemente en el cultivo de crustáceos, peces y erizos [33], [34]. Es común utilizar a estos microorganismos fotosintéticos como recurso alimenticio, con la finalidad del engorde del pez. Sin embargo, su utilización como probiótico no se ha





extendido en el mercado de alimento pelletizado para tilapia. A pesar de esto, algunos estudios han investigado acerca del uso de microalgas como probióticos en la acuicultura de peces de agua dulce y salada. El principal problema que afronta el uso de estos microorganismos como probióticos es la poca adherencia de estos a la mucosa intestinal de los organismos como el pez o el camarón. No obstante, se ha demostrado que especies como *Anthrospira platensis* generan consorcios con bacterias ácido-lácticas en el intestino delgado de peces, lo cual inhibe microbiota patógena, como *Proteus vulgaris* o *Bacillus subtilis*. [35]

*Chlorella* spp., una microalga más probada por su acción probiótica, permite la inhibición de microbiota patógena por la producción de ácidos grasos insaturados tipo omega-3 y polisacáridos, en especial para los organismos de cultivo en agua dulce. Otra característica distintiva de las microalgas que permiten su uso como probióticos es la producción de sustancias antioxidantes que, al ser absorbidas por el hospedero generan efectos positivos como el incremento del sistema inmune innato. Tal es el caso de la producción de isómeros cis-trans de  $\beta$ -carotenos por *Dunaliella salina* y la producción de ácido docosahexaenoico y ácido eicosapentaenoico por *Nannochloropsis* spp. aprovechable para la cría de peces en agua salada [35].

*Spirulina platensis* es una microalga que se caracteriza por proveer de compuestos biológicos tales como fenoles, aminoácidos, vitaminas y minerales, los cuales han demostrado incrementar la inmunidad y resistencia a agentes oxidantes en condiciones *in vivo* [36]. Además, tienen efecto sobre el sistema inmune de especies



de carpa (*Cyprinus carpio*), trucha (*Onchorincus mykiss*), camarón (*Litopenaeus vannamei*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) [37]. Esta microalga ha sido ampliamente estudiada debido a su impacto en la promoción del crecimiento de bacterias ácido-lácticas (BAL) en el tracto gastrointestinal de diversos organismos u otras matrices alimentarias, como productos derivados lácteos. Ejemplo de esto son las investigaciones realizadas por Parada y colaboradores, en donde se evaluó el potencial de *S. platensis* en cultivos de bacterias ácido-lácticas en condiciones *in vitro*, con medios compuestos [38] y matrices alimentarias tales como leche [39]. Se demostró con esto, en ambas ocasiones, un aumento significativo en el crecimiento de las BAL.

La evaluación de *S. platensis* como probiótico en acuicultura de Tilapia, realizada por Al-Deriny y colaboradores, determinó que la población de *Oreochromis niloticus* experimentó una considerable ganancia de peso y aumento en la tasa de crecimiento específico en comparación con los grupos control, al tener una alimentación suplementada con *S. platensis* [40]. A su vez, la producción de C-phycocianina por parte de esta especie demostró efecto antiinflamatorio mediante la inhibición de enzimas proinflamatorias como la ciclooxigenasa (COX) e inhibición de la síntesis de hormonas como la prostaglandina E2 (PGE<sub>2</sub>) por parte de macrófagos estimulados por lipopolisacáridos [41]. Por otro lado, *Spirulina maxima* se ha destacado por la producción de compuestos prebióticos como derivados de la pectina, los cuales han demostrado la modulación inmunológica del pez zebra (*Danio rerio*) [42].





En ensayos en los que se introdujo en un sistema de cultivo de tilapia, *S. platensis* también ha mostrado un incremento en el conteo de leucocitos con respecto al grupo control. Asimismo, se observó una disminución del conteo de *Aeromonas hydrophila* en un cultivo de esta bacteria con suero de tilapia expuesta a *S. platensis* [43]. En otro estudio, se compararon los efectos de la introducción de *S. platensis* en presencia de *A. hydrophila* de dos poblaciones de tilapia del Nilo, una sin vacunar y otra vacunada. Se observó un incremento de la actividad bactericida en suero, actividad lisozima y en la titulación de anticuerpos contra *A. hydrophila* [44]. Por ello, el tema de la utilización de diversas microalgas como probióticos en el cultivo de peces sigue en desarrollo y los hallazgos son cada vez más prometedores.

### **Posibilidades futuras en la utilización de probióticos para el cultivo de tilapia**

El uso de consorcios de microorganismos con capacidad probiótica en acuicultura ha sido estudiado para diferentes especies de peces, como carpa de la India (*Labeo rohita*) [45] y salmón del Atlántico (*Salmo solar*) [46], así como para crustáceos como el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) [47] y erizo de mar (*Anthocidaris crassispina*) [34], entre otras especies. El efecto de estas comunidades microbianas conformadas principalmente por bacterias, levaduras y microalgas ha demostrado un efecto beneficioso significativo con respecto a los grupos de control. Por ello, resulta fundamental desarrollar un consorcio clave de microorganismos, en el que exista el sinergismo entre microorganismos que promueva el desarrollo de *Oreochromis* spp. en condiciones de cría en sistemas de cultivo intensivo y biofloc.



La creación de un consorcio de microorganismos con acción probiótica que permita el adecuado desarrollo de *Oreochromis* spp., incluyendo la inhibición de los principales microorganismos patógenos causantes de enfermedades en esta especie de pez, deberá promover el crecimiento y permitir la conservación de los parámetros fisicoquímicos del agua de cultivo.

Por lo tanto, la creación de un posible consorcio efectivo, basado en estudios previos, podría incluir al menos las siguientes bacterias: *Lactobacillus acidophilus*, una bacteria ácido-láctica, por su capacidad para inhibir *A. sobria* y *A. hydrophila*, *P. aeuruginosa* y *P. putida*, así como *S. aureus*, de gran incidencia en enfermedades del sector acuícola [48]; *A. plantarum* y *Acidophilus fermentum*, por su capacidad para inhibir especies de *Aeromonas*, *Yersinia* y *Vibrio* [49]; *Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformis*, por su actividad inhibitoria sobre *A. hydrophila* y *S. iniae*, además de su capacidad para incrementar el sistema inmune innato de Tilapia, así como aumentar la cantidad de lisozimas en suero e inmunoglobulinas como IgM, lo que podría ser una alternativa también prometedora [45], [48].

En estudios previos se ha demostrado que la adición de *Enterococcus* spp., en especial *E. faecium*, es una excelente alternativa por su capacidad de incrementar el factor 3 del complemento en tilapias, es decir, el sistema inmune innato [30]. Asimismo, tiene capacidad productora de bacteriocinas [31] y, para el caso de *E. hirae*, se ha observado la inhibición del crecimiento de *S. agalactiae* y *S. iniae* en condiciones *in vitro*. Esto resulta importante, ya que estos patógenos han registrado aumento en casos de afectación en producción acuícola en los últimos años, en





especial en el cultivo de tilapia [27]. Con esto, se perfilan como candidatos importantes en la implementación de probióticos en alimento para *Oreochromis* sp. A su vez, la utilización de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* se ha demostrado que es la mejor opción. Esta levadura es la más estudiada como probiótico, y ha demostrado su capacidad para promover el crecimiento de la tilapia y aumentar su resistencia e inmunidad contra *A. hydrophila* [44]. Por último, la incorporación y el uso de las microalgas para promover el cultivo de tilapia como probiótico dependerá del tipo de cultivo: para agua dulce, *Anthrospira platensis* y *Chlorella* sp., y *Dunaliella salina* y *Nannochloropsis* spp. para agua salada. Asimismo, es óptimo para el cultivo de *Oreochromis* sp. debido a su capacidad de crecer en ambos tipos de agua [35].

En el desarrollo de consorcios microbianos para su uso como probióticos en las especies a cultivar, es fundamental considerar la forma en la que se administrarán. Esto puede realizarse a través del alimento pelletizado, cuya concentración debe oscilar entre  $10^6$  a  $10^8$  UFC por gramo de alimento. En el caso de las microalgas, su administración se efectúa directamente en el agua para crear una inoculación constante debido a la problemática de la baja adherencia al endotelio intestinal.

## Conclusiones

El aumento constante en la demanda de tilapia a nivel mundial la revela como una de las fuentes principales de proteínas de origen animal para la población humana. Por ello resulta necesario mejorar los procesos de su producción. Una alternativa sustentable para lograr la producción de dicha especie es el uso de probióticos que



permitan promover su desarrollo para obtener productos de alta calidad. Esta estrategia reduce el uso de antibióticos, incrementa el crecimiento de los peces y abarata los costos de la regulación de parámetros fisicoquímicos del agua de cría, como es el sistema de biofloc. La utilización de microorganismos es un recurso biológico promisorio en la acuicultura. Profundizar en la investigación y el desarrollo de consorcios microbianos para la mejora y producción sustentable de organismos acuícolas es fundamental, ya que esto podrá evitar el uso excesivo de antibióticos que repercuten en la salud humana.

## Referencias

- [1] Saavedra Martínez, M. A., "Manejo del cultivo de tilapia," 2006. Disponible en: <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.
- [2] M. J. Pié Orpí, "El cultivo de tilapia a nivel mundial y patologías más importantes," *Veterinaria digital*, 2021. Disponible en: <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-cultivo-de-tilapia-a-nivel-mundial-y-patologias-mas-importantes/>.
- [3] "Oferta y demanda global de pescado y tilapia," *Tilapiacenter - Agrotecnología*, 2023. .
- [4] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, "El Estado Actual de la Pesca y la Acuicultura 2022," *FAO*, 2022.
- [5] FAO, "Oreochromis niloticus," *Programa de Información sobre Especies Acuáticas Cultivadas*, 2024. Disponible en: [https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/oreochromis\\_niloticus/en#production](https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/oreochromis_niloticus/en#production).
- [6] INCAP, *Instituto de nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Organización panamericana de la salud (OPS)*. 2012.
- [7] Gobernación de México, "Producción de Tilapia a través de la Acuicultura," *Fideicomiso de Riesgo Compartido*, 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/firco/articulos/produccion-de-tilapia-a-traves-de-la-acuicultura?idiom=es#:~:text=México es el noveno productor de Tilapia a nivel mundial,%2C Guerrero%2C Hidalgo y México.>





- [8] J. D. Murcia, "En 2022, la acuicultura creció 20% y la tilapia roja ocupó 92% del mercado de EE.UU.," *AgroNegocios*, 2023. Disponible en: <https://www.agronegocios.co/agricultura/en-2022-la-acuicultura-crecio-20-y-la-tilapia-roja-ocupa-92-del-mercado-de-ee-uu-3568863>.
- [9] J. Li *et al.*, "Biodiversity responses of gut mycobiota and bacteriophages induced by probiotic consumption," *J. Funct. Foods*, vol. 106, no. mayo, p. 105615, 2023, DOI: 10.1016/j.jff.2023.105615.
- [10] A. Samir y M. Al, "Utilizing date pits in microencapsulation: Effect of different variations on Probiotic survivability under in vitro digestion," *LWT*, vol. 183, no. Abril, p. 114917, 2022, DOI: 10.1016/j.lwt.2023.114917.
- [11] M. A. Gaffar *et al.*, "Effects of probiotics on growth, survival, and intestinal and liver morphometry of Gangetic mystus (*Mystus cavasius*)," *Saudi J. Biol. Sci.*, vol. 30, no. 7, p. 103683, 2023, DOI: 10.1016/j.sjbs.2023.103683.
- [12] C. Castañeda Guillot, "Probióticos, puesta al día," *Rev. Cubana Pediatr.*, vol. 90, no. 2, pp. 286–298, 2018. Disponible en: <http://scielo.sld.cu>.
- [13] A. L. de las Cagigas Reig y J. Blanco Anesto, "Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa," *Rev. Cuba. Aliment. Nutr.*, vol. 16, no. 1, pp. 63–68, 2002.
- [14] P. Konieczka *et al.*, "Feeding Bacillus-based probiotics to gestating and lactating sows is an efficient method for improving immunity, gut functional status and biofilm formation by probiotic bacteria in piglets at weaning," *Anim. Nutr.*, vol. 13, pp. 361–372, 2023, DOI: 10.1016/j.aninu.2023.03.003.
- [15] N. A. Zabidi *et al.*, "Targeting gut microbiota and metabolism as the major probiotic mechanism - an evidence-based review," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 2, no. 2, pp. 33–47, 2022, DOI: 10.1016/j.tifs.2023.06.013.
- [16] C. Le, Y. Zha, Y. Li, D. Sun, H. Lu y B. Yin, "Eutrophication of lake waters in China: Cost, causes, and control," *Environ. Manage.*, vol. 45, no. 4, pp. 662–668, 2010, DOI: 10.1007/s00267-010-9440-3.
- [17] H. Sheikh, A. John, N. Musa, L. A. Abdulrazzak, M. Alfatama y A. Fadhline, "Vibrio spp. and Their Vibriocin as a Vibriosis Control Measure in Aquaculture," *Appl. Biochem. Biotechnol.*, vol. 194, no. 10, pp. 4477–4491, 2022, DOI: 10.1007/s12010-022-03919-3.
- [18] FAO, "Aquaculture Methods and Practices: a Selected Review," *FAO.org*, 1989. Disponible en: <https://www.fao.org/3/t8598e/t8598e05.htm#4>.
- [19] E. A. González Legarda, "Impacto ambiental de la acuicultura intensiva en los componentes agua y sedimento en el lago Guamuez, Nariño," 2017.
- [20] S. Stevenson, A. Cadec, G. Milana y N. Torvalds, *Intensive aquaculture*. 2013, pp. 1–6.



- [21] G. R. Robles-Porchas, T. Gollas-Galván, M. Martínez-Porchas, L. R. Martínez-Cordova, A. Miranda-Baeza y F. Vargas-Albores, "The nitrification process for nitrogen removal in biofloc system aquaculture," *Rev. Aquac.*, vol. 12, no. 4, pp. 2228–2249, 2020, DOI: 10.1111/raq.12431.
- [22] A. Wang, C. Ran, Y. Wang, Z. Zhang, Q. Ding y Y. Yang, "Use of probiotics in aquaculture of China—a review of the past decade," *Fish Shellfish Immunol.*, 2019, DOI: 10.1016/j.fsi.2018.12.026.
- [23] K. K. Mugimba, D. K. Byarugaba, S. Mutoloki, Ø. Evensen y H. M. Munang'Andu, "Challenges and solutions to viral diseases of finfish in marine aquaculture," *Pathogens*, vol. 10, no. 6, pp. 1–21, 2021, DOI: 10.3390/pathogens10060673.
- [24] G. M. M. Sanches-Fernandes, I. Sá-Correia y R. Costa, "Vibriosis Outbreaks in Aquaculture: Addressing Environmental and Public Health Concerns and Preventive Therapies Using Gilthead Seabream Farming as a Model System," *Front. Microbiol.*, vol. 13, no. julio, pp. 1–25, 2022, DOI: 10.3389/fmicb.2022.904815.
- [25] E. Garibay-Valdez *et al.*, "Longitudinal variations in the gastrointestinal microbiome of the white shrimp, *Litopenaeus vannamei*," *PeerJ*, vol. 9, pp. 1–26, 2021, DOI: 10.7717/peerj.11827.
- [26] M. S. Kim, E. Y. Min, J. H. Kim, J. K. Koo y J. C. Kang, "Growth performance and immunological and antioxidant status of Chinese shrimp, *Fennerpenaeus chinensis* reared in bio-floc culture system using probiotics," *Fish Shellfish Immunol.*, vol. 47, no. 1, pp. 141–146, 2015, DOI: 10.1016/j.fsi.2015.08.027.
- [27] A. Zabidi *et al.*, "Effects of Probiotics on Growth, Survival, Water Quality and Disease Resistance of Red Hybrid Tilapia (*Oreochromis* spp.) Fingerlings in a Biofloc System," *Animals*, vol. 11, 2021.
- [28] H. Guo *et al.*, "Gut bacterial consortium enriched in a biofloc system protects shrimp against *Vibrio parahaemolyticus* infection," *Microbiome*, vol. 11, no. 1, pp. 1–19, 2023, DOI: 10.1186/s40168-023-01663-2.
- [29] L. R. Martínez-Córdova, M. Martínez-Porchas, J. A. López-Elías y L. F. Enríquez-Ocaña, "Uso De Microorganismos En El Cultivo De Crustáceos," *Biocencia*, vol. 16, no. 3, pp. 50–55, 2014, DOI: 10.18633/bt.v16i3.141.
- [30] Y. B. Wang, Z. Q. Tian, J. T. Yao y W. fen Li, "Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response," *Aquaculture*, vol. 277, no. 3–4, pp. 203–207, 2008, DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.03.007.
- [31] M. de L. Pérez-Chabela, Y. M. Alvarez-Cisneros, J. Soriano-Santos y M. A. Pérez-Hernández, "The probiotics and their metabolites in aquaculture. A



- review,” *Hidrobiologica*, vol. 30, no. 1, pp. 93–105, 2020, DOI: 10.24275/uam/izt/dCBS/hidro/2020v30n1/perez.
- [32] M. K. P. Iwashita, I. B. Nakandakare, J. S. Terhune, T. Wood y M. J. T. Ranzani-Paiva, “Dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* enhance immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus iniae* infection in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*,” *Fish Shellfish Immunol.*, vol. 43, no. 1, pp. 60–66, 2015, doi: 10.1016/j.fsi.2014.12.008.
- [33] B. Gomez-Gil, A. Roque y G. Velasco-Blanco, “Culture of *Vibrio alginolyticus* C7b, a potential probiotic bacterium, with the microalga *Chaetoceros muelleri*,” *Aquaculture*, vol. 211, no. 1–4, pp. 43–48, 2002, doi: 10.1016/S0044-8486(02)00004-2.
- [34] T.-W. Chu, Y. Chu, W.-T. Sun, C.-Y. Pan, C.-H. Pan y D.-S. Ding, “Nutrient enrichment and probiotics for sea urchin *Anthocardaris crassipina* larvae in captivity to promote large-scale aquaculture,” *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)*, Feb. 2024, doi: 10.1111/jpn.13934.
- [35] A. V. Oleskin and C. Boyang, “Microalgae in Terms of Biomedical Technology: Probiotics, Prebiotics y Metabiotics,” *Appl. Biochem. Microbiol.*, vol. 58, no. 6, pp. 813–825, 2022, doi: 10.1134/S0003683822060126.
- [36] R. A. Soni, K. Sudhakar y R. S. Rana, “Spirulina – From growth to nutritional product: A review,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 69, no. noviembre, pp. 157–171, 2017, doi: 10.1016/j.tifs.2017.09.010.
- [37] V. T. Rosas, M. Bessonart, L. A. Romano y M. B. Tesser, “Fishmeal substitution for *Arthrospira platensis* in juvenile mullet (*Mugil liza*) and its effects on growth and non-specific immune parameters,” *Rev. Colomb. Ciencias Pecu.*, vol. 32, no. 1, pp. 3–13, 2019, doi: 10.17533/udea.rccp.v32n1a01.
- [38] J. L. Parada, G. Z. De Caire, M. C. Z. De Mulé y M. M. S. De Cano, “Lactic acid bacteria growth promoters from *Spirulina platensis*,” *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 45, no. 3, pp. 225–228, 1998, doi: 10.1016/S0168-1605(98)00151-2.
- [39] G. Z. De Caire, J. L. Parada, M. C. Zaccaro y M. M. S. De Cano, “Effect of *Spirulina platensis* biomass on the growth of lactic acid bacteria in milk,” *World J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 16, no. 6, pp. 563–565, 2000, doi: 10.1023/A:1008928930174.
- [40] S. H. Al-Deriny *et al.*, “The synergistic effects of *Spirulina platensis* and *Bacillus amyloliquefaciens* on the growth performance, intestinal histomorphology, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis*



- niloticus*),” *Aquac. Reports*, vol. 17, no. abril, p. 100390, 2020, doi: 10.1016/j.aqrep.2020.100390.
- [41] H. W. Chen *et al.*, “Purification and immunomodulating activity of C-phycoerythrin from *Spirulina platensis* cultured using power plant flue gas,” *Process Biochem.*, vol. 49, no. 8, pp. 1337–1344, 2014, doi: 10.1016/j.procbio.2014.05.006.
- [42] H. P. S. U. Chandrarathna, T. D. Liyanage, S. L. Edirisinghe y S. H. S. Dananjaya, “Modified Pectin and Modified Pectin Nanoparticles Modulate the Gut Microbiota and Trigger Immune Responses in Mice,” *Mar. Drugs*, vol. 18, no. 175, pp. 1–15, 2020.
- [43] M. Abdel-Tawwab and M. H. Ahmad, “Live *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), challenged with pathogenic *Aeromonas hydrophila*,” *Aquac. Res.*, vol. 40, no. 9, pp. 1037–1046, 2009, doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02195.x.
- [44] N. Van Hai, “Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: A review,” *Fish Shellfish Immunol.*, vol. 45, no. 2, pp. 592–597, 2015, doi: 10.1016/j.fsi.2015.05.026.
- [45] U. J. Maji, S. Mohanty, A. Pradhan y N. K. Maiti, “Immune modulation, disease resistance and growth performance of Indian farmed carp, *Labeo rohita* (Hamilton), in response to dietary consortium of putative lactic acid bacteria,” *Aquac. Int.*, vol. 25, no. 4, pp. 1391–1407, 2017, doi: 10.1007/s10499-017-0122-5.
- [46] H. S. Cathers *et al.*, “In silico, in vitro and in vivo characterization of host-associated *Lactobacillus curvatus* strains for potential probiotic applications in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*),” *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–16, 2022, doi: 10.1038/s41598-022-23009-y.
- [47] N. T. Devika, A. K. Jangam, V. K. Katneni, P. K. Patil, S. Nathamuni y M. S. Shekhar, “In Silico Prediction of Novel Probiotic Species Limiting Pathogenic *Vibrio* Growth Using Constraint-Based Genome Scale Metabolic Modeling,” *Front. Cell. Infect. Microbiol.*, vol. 11, p. 752477, 2021, doi: 10.3389/fcimb.2021.752477.
- [48] R. M. Reda, K. M. Selim, H. M. El-Sayed y M. A. El-Hady, “In vitro selection and identification of potential probiotics isolated from the gastrointestinal Tract of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*,” *Probiotics Antimicrob. Proteins*, vol. 10, no. 4, pp. 692–703, 2018, doi: 10.1007/s12602-017-9314-6.
- [49] J. L. Balcázar, D. Vendrell, I. de Blas, I. Ruiz-Zarzuela, J. L. Muzquiz y O. Girones, “Characterization of probiotic properties of lactic acid bacteria isolated from intestinal microbiota of fish,” *Aquaculture*, vol. 278, no. 1–4, pp. 188–191, 2008, doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.03.014.





- [50] M. de L. Pérez-Chabela, Y. M. Alvarez-Cisneros, J. Soriano-Santos y M. A. Pérez-Hernández, “Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión,” *Hidrobiológica*, vol. 30, no. 1, pp. 93–105, 2020, doi: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n1/.

**Cómo citar este artículo:**

Barrios-Sánchez, C., & Calderón, K. (2024). *Uso de probióticos en el cultivo de tilapia (Oreochromis niloticus): revisión*. *EPISTEMUS*, 18(37), e3704360. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v18i37.360>

