

Revista Ciencias del Mar UAS



Julio - Septiembre 2026

Núm. 4 Vol. 3

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A

Parasitología

y Sanidad Acuícola

Número Especial

EDICIÓN 1

Dr. Víctor Vidal-Martínez

Parasitólogo

ISSN 3061-8959



CREATIVE COMMONS



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Revisión Científica

Estado actual de la estreptococosis de tilapia en Colombia

Current Status of Streptococcosis in Tilapia in Colombia



1. Estefanny Lisbeth Paz Timaná



0009-0006-2901-3827

Universidad de Nariño, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, San Juan de Pasto, Colombia.



2. Camilo Lenin Guerrero Romero



0000-0002-6948-4344

Universidad de Nariño, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, San Juan de Pasto, Colombia.

Autor de correspondencia: camiloguerrero.ipa@udenar.edu.co



3. Luis Evert Enriquez Benavides



0000-0002-9009-9432

Universidad de Nariño, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, San Juan de Pasto, Colombia.

Recibido 19 de mayo 2026

Aceptado 20 de agosto 2026



Estado actual de la estreptococosis de tilapia en Colombia

Current Status of Streptococcosis in Tilapia in Colombia

► RESUMEN

La estreptococosis es una de las enfermedades bacterianas más relevantes en la acuicultura a nivel mundial, causada principalmente por especies del género *Streptococcus*. En peces de cultivo; especialmente en la producción de tilapia, se ha convertido en un problema sanitario recurrente en sistemas de cultivo intensivo, generando altas tasas de mortalidad y significativas pérdidas económicas, lo que representa un riesgo para la sostenibilidad de la producción acuícola y genera preocupaciones en la salud pública y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. El objetivo de esta revisión es presentar el estado actual de la estreptococosis en tilapia en Colombia, describiendo las diferentes cepas de *Streptococcus agalactiae* identificadas en el país y las estrategias de prevención reportadas en la literatura, considerando sus ventajas y/o limitaciones en la producción acuícola.

Palabras clave: acuicultura, infección, *Oreochromis* sp., serotipo, *Streptococcus agalactiae*.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► ABSTRACT

Streptococcosis is one of the most significant bacterial diseases in aquaculture worldwide, caused primarily by species of the genus *Streptococcus*. In farmed fish, especially in tilapia production, it has become a recurring health problem in intensive farming systems, resulting in high mortality rates and significant economic losses; this poses a risk to the sustainability of aquaculture production and raises concerns about public health and the balance of aquatic ecosystems. This review presents the current status of streptococcosis in tilapia in Colombia, describing the different strains of *Streptococcus agalactiae* identified in the country and the prevention strategies reported in the literature, while considering their advantages and/or limitations in aquaculture production.

Keywords: aquaculture, infection, *Oreochromis* sp., serotype, *Streptococcus agalactiae*

► INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento de la acuicultura ha sido impulsado por la creciente demanda de proteína de origen animal, convirtiéndose en uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido desarrollo a nivel mundial; sin embargo, la producción masiva de peces en sistemas de cultivo intensivo generan condiciones de estrés que favorecen la aparición y propagación de infecciones bacterianas, virales, fúngicas y parasitarias (Debnath et al., 2023; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2025; Ruben et al., 2025).

Entre los patógenos bacterianos de mayor impacto económico y sanitario en piscicultura se encuentra *Streptococcus agalactiae*, uno de los principales agentes etiológicos de la estreptococosis, enfermedad sistémica que afecta múltiples especies de peces marinos y dulceacuícolas en zonas tropicales y subtropicales, particularmente al género *Oreochromis* (Abdallah, et al., 2024a; 2024b; Lannes-Costa et al., 2021; Legario et al., 2020; Ortega et al., 2018; Van Doan et al., 2022).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Colombia no es ajena a esta problemática, el país se ha consolidado como uno de los principales productores de tilapia en América Latina, con sistemas intensivos y semi-intensivos; sin embargo; diversas zonas productoras del país han reportado episodios importantes de mortalidad asociados a infecciones por *S. agalactiae*, que influyen no sólo en la productividad sino también en el entorno social y ambiental (Barato et al., 2015; Contraloría General de la República, 2023; ICA, Resolución No. 6535, 2023; Jiménez et al., 2007; Pulido et al., 2004).

La estreptococosis ha adquirido gran relevancia al ser una de las principales limitantes para la sostenibilidad de la producción de tilapia, por ello en la actualidad se ha incrementado el interés en el estudio y monitoreo de su epidemiología, los mecanismos de patogenicidad y el desarrollo de estrategias eficaces de prevención y control orientadas a mitigar sus efectos y garantizar la productividad del sector (Abdallah et al., 2024; Haenen et al., 2023; Pau & Yong, 2025).

Generalidades de la estreptococosis

La estreptococosis es una enfermedad bacteriana causada principalmente por especies del género *Streptococcus*, varias de las cuales representan un riesgo importante para la salud humana y animal (Lannes-Costa et al., 2021; Van Doan et al., 2022). Entre los estreptococos reportados en peces se encuentran *S. dysgalactiae*, *S. parauberis*, *S. uberis*, *S. phocae*, *S. agalactiae* y *S. iniae*, los cuales han sido identificados en diversas especies de importancia acuícola, como la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y sus híbridos, la lubina moteada (*Lateolabrax maculatus*), rodaballo (*Scophthalmus maximus*), dorada (*Sparus aurata*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*); entre otros (Abdallah et al., 2024a; 2024b; Deng et al., 2024; Hussein et al., 2025; Legario et al., 2020; Liao et al., 2020; Maekawa et al., 2020; Van Doan et al., 2022).

La alta densidad de siembra en sistemas intensivos de producción acuícola incrementa el estrés y afecta la respuesta inmune de los peces frente a infecciones por *Streptococcus* spp., sobretodo en condiciones



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

ambientales de temperatura elevada ($>30^{\circ}\text{C}$), baja disponibilidad de oxígeno disuelto y pH ácido en el agua de cultivo, mismo entorno que favorece la proliferación bacteriana y la sobreexpresión de factores de virulencia (Juárez-Cortés et al., 2024; Liao et al., 2020; MacKinnon et al., 2023; Phuoc et al., 2021; Pradeep et al., 2016).

Los peces enfermos presentan signos clínicos como letargo, opacidad corneal, exoftalmia, nado errático, melanosis, distensión abdominal y hemorragias en el cuerpo, base de las aletas, opérculos o boca y alteraciones morfológicas viscerales como cardiomegalia, hepatomegalia, esplenomegalia y nefromegalia, acumulación de líquido serosanguinolento en cavidad abdominal, cerebro con hemorragia y exudado fibrinoso difuso (Figura 1.) (Hernández-Hernández et al., 2023; He et al., 2018; Phuoc et al., 2021; Sukenda et al., 2021).

Se han documentado lesiones como necrosis licuefactiva y coagulativa severa con formación de granulomas y abscesos melanizados en el tejido muscular; esplenitis hemorrágica, desorganización estructural y un marcado incremento de centros de melanomacrófagos en el bazo; congestión, atrofia y degeneración hidrópica o vacuolar de los hepatocitos en el hígado; tubulonefrosis con desprendimiento del epitelio tubular y reducción del tejido hematopoyético en el riñón; cuadros severos de miocarditis y pericarditis fibrinosupurativa en el corazón; meningitis supurativa, congestión vascular y degeneración vacuolar de las neuronas en el cerebro, entre otras (Avila-Castillo et al., 2026; Hernández-Hernández et al., 2023; He et al., 2018; LaFrentz et al., 2026).

A nivel mundial, *S. agalactiae* y *S. iniae*, son los patógenos predominante de la estreptococosis en tilapia de cultivo, las cifras varían mucho según el país: en Malasia se registraron mortalidades de hasta 70% en los lagos Kenyir, Pedu y Pergau; en Brasil en cultivo en jaulas entre 25-35%; en China un brote de 2012 causó entre el 30 y 80% de mortalidad en tilapia con pérdidas económicas directas de aproximadamente 1.0-1.5 mil millones de dólares; en África la estreptococosis por *S. agalactiae* constituye la principal amenaza

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

bacteriana para juveniles de tilapia; en México se documentaron mortalidades de 68 a 80% en producción de *O. aureus* por *S. iniae* y en Colombia hasta del 40% debido a *S. agalactiae* Ib (Chen et al., 2012; Leal et al., 2019; Mohamed et al., 2023; Ortega et al., 2018; Thiriez, 2023).

La persistencia de *Streptococcus* en sistemas intensivos representa uno de los mayores desafíos en la acuicultura, la complejidad etiológica de cada especie bacteriana, variaciones en virulencia, patogenicidad y capacidad de adaptación son un reto para su control, especialmente en entornos acuáticos, donde el agua actúa como vehículo de dispersión que facilita la transmisión del patógeno entre individuos, lotes de cultivo y unidades productivas (Pradeep et al., 2016).

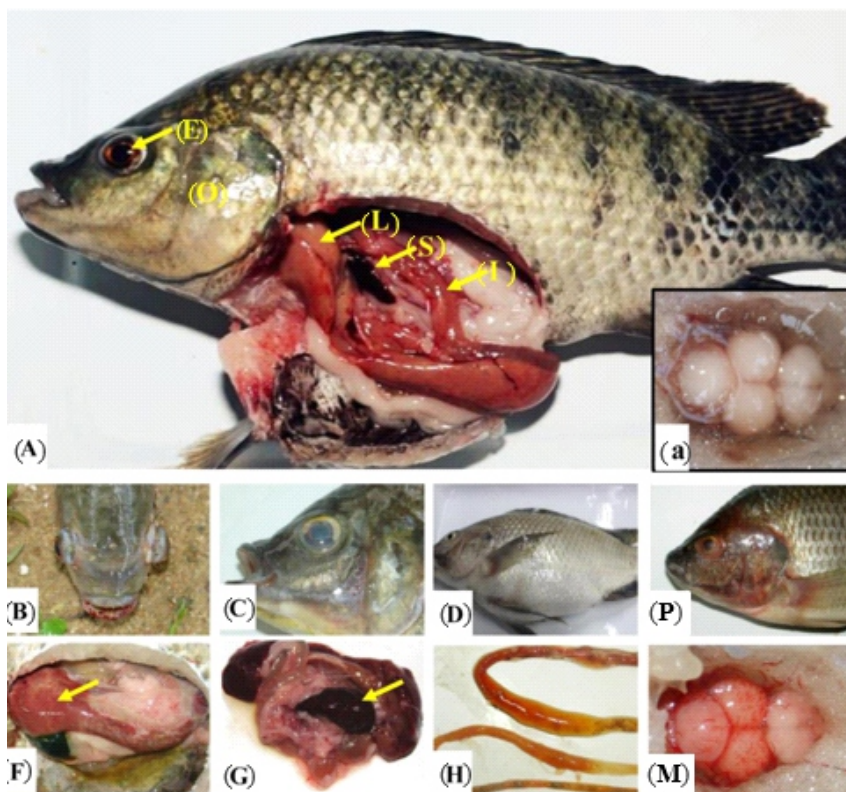


Figura 1. Síntomas clínicos de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) infectada por *S. agalactiae*. (A) Tilapia sana, mostrando (E) ojo, (O) opérculo, (L) hígado, (S) bazo, (I) intestino y (a) cerebro. (B) exoftalmia unilateral, (C) opacidad corneal, (D) distensión abdominal, (P) hemorragia opercular, (F) hemorragia hepática (flecha), (G) esplenomegalia (flecha), (H) pared intestinal adelgazada, (M) congestión meníngea. Modificado de He et al. (2018).

OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Estreptococo del grupo B: *Streptococcus agalactiae*

Los estreptococos del grupo B (EGB), taxonómicamente identificados como *S. agalactiae*, se reconocen principalmente como agentes causales de infecciones invasivas en neonatos e individuos con sistemas inmunitarios comprometidos, mastitis en bovinos y meningoencefalitis en peces de agua dulce y marina (Barro et al., 2023; Megli et al., 2025; Mishra et al., 2018).

S. agalactiae corresponde a cocos gram-positivos, generalmente β -hemolíticos (algunas cepas pueden no presentar hemólisis), aunque no todos, catalasa y oxidasa negativos, y anaerobios facultativos; estas bacterias, se organizan en cadenas de longitud variable y en cultivo forman colonias lisas, esféricas, de color blanco opaco y centro ligeramente elevado (Abdallah et al., 2024b; Bianchi-Jassir et al., 2020; Maekawa et al., 2020). El EGB posee una cápsula formada por polisacáridos que contienen ácido siálico, que le permite mimetizar componentes del huésped e inhibir la activación del sistema del complemento, reduciendo así la opsonización y la fagocitosis (Van Doan et al., 2022; Yang et al., 2023; Zhang et al., 2019).

A partir de la composición y estructura específica de los carbohidratos presentes en la cápsula polisacárida, *S. agalactiae* se clasifica en serotipo Ia, Ib y II–IX y se genotipifica mediante tipificación multilocus por secuencias (MLST), que asigna a cada aislamiento un tipo de secuencia (ST), ST con alta similitud genética se agrupan en complejos clonales (CC) (Megli et al., 2025; Phuoc et al., 2021; Vásquez-Machado et al., 2019). En peces la mayoría de los aislamientos pertenecen a tres complejos clonales principales y cada uno se relaciona con un serotipo particular: CC7/serotipo Ia, CC552/serotipo Ib y CC283/serotipo III (Delannoy et al., 2021).

En la acuicultura, los serotipos Ia, Ib y III son los responsables de los brotes epidémicos en tilapia, aunque su prevalencia depende de cada región geográfica; por ejemplo, en países asiáticos como Tailandia y China, los serotipos Ia y III son los serotipos dominantes, siendo de este



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



ultimo la ST283 la causa de brotes de enfermedades transmitidas asociados al consumo de pescado de agua dulce crudo; por el contrario, en Brasil predomina el serotipo Ib, particularmente por las secuencias ST260 y ST927 (Barony et al., 2017; Leal et al., 2019, 2024).

Los aislados del serotipo Ib/ST260 del CC552 se asocian exclusivamente a infecciones en peces (Delannoy et al., 2013; Kawasaki et al., 2018). De acuerdo con Liu et al. (2013) los aislados del serotipo Ib provenientes de peces Brasil y Honduras presenta un genoma reducido (1.8) en comparación con la cepa de peces de China del serotipo Ia (2.1Mb), un proceso conocido como evolución reductiva en el que la bacteria pierde características o funciones innecesarias para el entorno acuático; en este caso, se relaciona con la pérdida de proteínas asociadas con el transporte y metabolismo de carbohidratos; además, presentan un perfil no hemolítico y carece de genes para proteínas de superficie α -C (ACP) y β -C (BPC) presentes en cepas humanas (Delannoy et al., 2013; Kawasaki et al., 2018; Liu et al., 2013).

El serotipo Ia del complejo clonal CC7 es un linaje reconocido por afectar amplia gama de huéspedes, incluyendo humanos, peces, ranas, delfines y mamíferos marinos (Appel et al., 2025; Sukenda et al., 2021). A diferencia del serotipo Ib, el serotipo Ia son cepas β -hemolíticas, lo cual las hace más agresivas que las cepas no hemolíticas, puesto que la beta-hemólisis está directamente relacionada con la capacidad del patógeno para evadir el sistema inmune del pez, dañar tejidos y diseminarse rápidamente (Appel et al., 2025; Megli et al., 2025; Sukenda et al., 2021).

Aunque las cepas aisladas de peces son genéticamente distantes de las cepas humanas, su detección en otras especies sugiere un potencial riesgo zoonótico importante que debe considerarse en escenarios donde el contacto entre aguas residuales contaminadas y sistemas acuícolas es frecuente (Delannoy et al., 2013; Kayansamruaj et al., 2015; Schar et al., 2023; Sirimanapong et al., 2023).

Fyrand et al. (2024) encontró que aislados del serotipo Ia/ST7 de tilapia cultivada en Norteamérica y Centroamérica presentan estrecha relación



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



genética con los del sudeste asiático, obteniendo perfiles bioquímicos similares y perfiles de reacción inmunológica comparables que indican una antigenicidad compartida, y sugieren que el ingreso de estas cepas se relaciona con el comercio internacional de tilapia y la mínima divergencia genética se debe principalmente a las adaptaciones específicas al hospedero y entorno geográfico.

Recientemente se identificó una variante altamente agresiva del serotipo Ia, denominada Ia-2021, en México, Colombia, Honduras, Guatemala y El Salvador, la cual provoca una bacteriemia aguda caracterizada por hemorragias severas en órganos internos y externos, exoftalmia bilateral, opacidad corneal, úlceras externas, deformidades de la espina dorsal hacia el pedúnculo, mionecrosis extensa, hígado pálido, necrosis intestinal e intususcepción intestinal, que afectó a alevines de 0,5 g hasta la fase de engorde y a reproductores, incluso a tilapias inmunizadas previamente, por lo que esta cepa es actualmente una de las amenazas bacterianas de mayor preocupación para la acuicultura de tilapia en Latinoamérica (Avila-Castillo et al., 2026; LaFrentz et al., 2026; Rozas-Serri et al., 2026).

Cultivo de tilapia y situación de la estreptococosis en Colombia

La tilapia representa el 56 % de la producción acuícola nacional en Colombia y exhibe un crecimiento sostenido, en 2024 alcanzó una participación de 13842 toneladas exportadas por un valor de 95,5 millones de dólares, consolidándose como un producto sustancial para la generación de empleo, el desarrollo rural y el posicionamiento de Colombia en el mercado internacional (Carrera-Quintana et al., 2022; Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas, 2024; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2025; Marco et al., 2025) (Carrera-Quintana et al., 2022; Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas, 2024; FAO, 2025; Marco et al., 2025).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



El primer caso de estreptococosis en Colombia fue reportado en 1999, tras episodios de mortalidad en híbridos de tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en el Tolima y fueron asociados a *Streptococcus* sp. Estudios posteriores indicaron que se trataba de la especie *S. agalactiae* serotipo Ib/CC552 y se vinculaba principalmente a sistemas de producción intensiva de tilapia en fase de levante y engorde, constituyendo el único clon en circulación en el país (Barato et al., 2015; Hernández et al., 2009; Jiménez et al., 2007; ICA, Resolución No. 6535, 2023; Pulido et al., 2004).

En marzo de 2023, el ICA confirmó la presencia de *S. agalactiae* Ia/ST7 luego de investigar numerosas muertes atípicas en el cultivo de tilapia en el embalse de Betania (Huila-Colombia); a partir de este foco inicial, la nueva cepa se diseminó rápidamente hacia los departamentos de Atlántico, Tolima, Magdalena, Córdoba, Bolívar, Cesar y Valle del Cauca (Contraloría General de la República, 2023), gracias a circunstancias como el movimiento de peces aparentemente sanos, el uso compartido de cuerpos de agua, así como a condiciones propias de la producción intensiva y alteraciones en la calidad del agua.

El *S. agalactiae* Ib/ST260 se había caracterizado en Colombia por causar una enfermedad de curso crónico que afectaba principalmente a peces adultos con pesos superiores a los 150 g, mientras que el serotipo Ia/ST7 provocó un cuadro clínico agudo de tipo hemorrágico que afectó animales desde los 0,5 g hasta individuos de más de 200 g (Contraloría General de la República, 2023; Hernández et al., 2009; LaFrentz et al., 2026).

La alta mortalidad de tilapia causada por el serotipo Ia produjo el colapso repentino de biomasa comercial y afectó la liquidez y planificación de la cadena productiva acuícola de pequeños y medianos productores, quienes sufrieron pérdidas de inversión, insumos y mano de obra. En el embalse del Guájaro (Atlántico), una de las grandes empresas productoras registró pérdidas superiores a 1000 toneladas de peces, que terminaron por afectar la disponibilidad de tilapia nivel local (Contraloría General de la República, 2023).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



A nivel nacional, se estimaron tasas de mortalidad del 12% (4.554.598) en el Huila, 47% (1.621.665) en Atlántico, 37% (10.301) en Magdalena y 10% (50.000) en Tolima, sobre la totalidad de las poblaciones marco existentes o referenciadas en cada uno de estos departamentos (ICA, Resolución No. 6535, 2023) y para este mismo año, las exportaciones de tilapia sufrieron una disminución del 10,3 % en volumen, tan solo en la represa de Betania (Huila) se documentaron pérdidas de hasta el 30% en animales destinados al mercado exterior (Contraloría General de la República, 2023; Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas, 2024).

Las repercusiones también se extendieron al tejido social, la pérdida de empleo en la producción primaria, plantas de procesamiento, transporte y alimentación, mano de obra, particularmente de mujeres encargadas del procesamiento del pescado, el incremento en los precios por la poca disponibilidad local de tilapia o, por el contrario, la reducción de pedidos por desconfianza en la inocuidad del producto fueron algunos de los efectos experimentados por las regiones afectadas (FEDEACUA, 2023).

En materia ambiental, se presentaron problemáticas relacionadas con la generación de grandes volúmenes de desechos biológicos y la deposición inadecuada de los mismos (Contraloría General de la República, 2023). Además, la presencia de un nuevo serotipo abre una ventana de preocupación sobre la fauna silvestre, en vista de que se ha demostrado que *S. agalactiae* se libera en heces infectadas de *O. niloticus* y puede sobrevivir en agua dulce estéril incubada a 35 °C, 28 °C y 15 °C durante 80, 160 y 160 días posteriores a la inoculación, facilitando así la infección de poblaciones de peces susceptibles cercanas a través de la ruta fecal-oral (Abdallah et al., 2024a; Abdallah et al., 2024b; Barton et al., 2016; Tavares et al., 2016; Waghela et al., 2024).

La ausencia de datos consolidados sobre pérdidas específicas en cada región afectada dificulta dimensionar el impacto total de la enfermedad en la tilapicultura nacional. No obstante, se han documentado diversas



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



deficiencias que favorecieron la propagación del serotipo Ia en los cultivos de tilapia, entre ellas el reporte tardío por parte de los productores, la informalidad de numerosos predios acuícolas, la falta de tratamientos específicos para la cepa emergente y las debilidades en la vigilancia sanitaria y en los diagnósticos tempranos por parte del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), ente gubernamental encargado en el país de la sanidad acuícola (Contraloría General de la República, 2023).

Estrategias de prevención y control

Las estrategias de prevención y control se implementan para prevenir la propagación de patógenos como bacterias, virus y hongos mediante acciones orientadas a mantener la salud de los organismos cultivados y la sostenibilidad del sistema productivo a través de enfoques de control del ambiente y manejo zootécnico, estimulación inmunológica, modulación de la microbiota intestinal, acción antimicrobiana y antioxidante de extractos vegetales con propiedades funcionales o bien, la supresión del patógeno mediante la inhibición del crecimiento bacteriano (Assefa & Abunna, 2018).

Medidas de bioseguridad y buenas prácticas acuícolas (BPA)

Las buenas prácticas acuícolas comprenden estrategias y protocolos que garantizan la calidad e inocuidad en la producción primaria de alimentos, en la acuicultura incluye acciones como la selección de alevines de alta calidad, adecuada preparación y ubicación de estanques, mantenimiento de condiciones óptimas del agua, reducción del estrés en los peces y control del alimento suministrado (Hanson, 2020).

Por su parte, las medidas de bioseguridad buscan prevenir y controlar la propagación de enfermedades infecciosas en los sistemas de cultivo, mediante vigilancia sanitaria, respuesta temprana ante signos clínicos y control de rutas de transmisión, estas acciones poseen un enfoque tanto preventivo como reactivo y se integran en un protocolo de bioseguridad único para cada granja, que considera su ubicación, factores ambientales, especies de cultivo e historial de patógenos (Haenen et al., 2023).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Vacunas

La vacunación es una de las estrategias preventivas más popular y efectiva contra diferentes enfermedades en la acuicultura, mediante su aplicación se busca inducir la inmunidad específica del pez frente a uno o varios agentes patógenos (Assefa & Abunna, 2018; Du et al., 2022).

La eficacia de los distintos tipos de vacunas está condicionada principalmente al tipo de formulación y el método de administración (Tabla I), las vacunas inactivadas, son el tipo más común y disponible comercialmente, las vacunas vivas atenuadas inducen respuestas inmunes más potentes y a dosis más bajas, pero presentan el riesgo de reversión a la virulencia y las vacunas recombinantes y de ADN no se restringen al serotipo y pueden conferir protección inmunitaria cruzada (Liu et al., 2016; Queiróz et al., 2024; Zhang et al., 2017).

Tabla I. Esquemas de vacunación frente a *S. agalactiae* en tilapia del Nilo (*O. niloticus*).

Referencia	Tipo de vacuna	Vía	Composición	Descripción	Tratamiento	Supervivencia relativa (%)
Abu-Elala et al. (2019)	Inactivada	Inmersión (1 L de vacuna + 9 L de agua, bajo aireación, durante 2 min)	<i>Streptococcus</i> , <i>Lactococcus garvieae</i> y <i>Enterococcus faecalis</i>	Alevines de <i>O. niloticus</i> producidos a partir de reproductores vacunados fueron inmunizados y posteriormente desafiados.	Dosis única (10 ⁹ CFU/mL)	>60
Liu et al. (2023)	Recombinante	Inmersión (8 horas, 10 mg/L)	Proteína Sip de <i>S. agalactiae</i> , expresada en <i>Escherichia coli</i> (rSip), conjugada con nanocelulosa bacteriana (BNC) y nanocarrier BNC-rSip	<i>O. niloticus</i> (10.50 ± 0.50 g), fueron inmunizadas y desafiadas a las 4 semanas con <i>S. agalactiae</i> y <i>S. iniae</i> .	Solo BNC (10mg/L)	30
					r-Sip (10mg/L)	56,67
					BNC-rSip (10mg/L)	86,67
Mo et al. (2020)	Atenuada	IP	<i>S. agalactiae</i>	Juveniles de <i>O. niloticus</i> (16.2 ± 2.0 g) se inmunizaron y luego fueron desafiados a los 28, 56 y 84 dpv.	Dosis única (1,0x10 ⁶ CFU/mL)	65,7 (28 dpv) 60,3 (56 dpv) 31,9 (84 dpv)
					Refuerzo	88,6 (28 dpv) 81,6 (56 dpv) 72,5 (84 dpv)
					Dosis única (1,0x10 ⁷ CFU/mL)	92,8 (28 dpv) 83 (56 dpv) 72,5 (84 dpv)
					Refuerzo	100 (28 dpv) 100 (56 dpv) 100 (84 dpv)
					Dosis única (1 × 10 ⁹ células/mL)	88,8 (8 ppv) 60,7 (16 ppv) 40,7 (28 ppv)



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Piamsomboon et al. (2024)	Inactivada	IP	<i>S. agalactiae</i> (1×10^9 células/mL)	Reproductores de <i>O. niloticus</i> fueron vacunados y posteriormente desafiados.	Refuerzo 2 semanas	92.6 (8 ppv) 80.7 (16 ppv) 44.4 (28 ppv)
					Refuerzo 4 semanas	92.6 (8 ppv) 92.3 (16 ppv) 66.6 (28 ppv)
					Refuerzo 12 semanas	93.2 (16 ppv) 75.4 (28 ppv)
					Refuerzo 24 semanas	92.5 (28 ppv)
Queiróz et al. (2024)	Inactivada	IP	<i>S. agalactiae</i> ($1,36 \times 10^8$ CFU/mL)	Juveniles de <i>O. niloticus</i> (14.0 ± 4.00 g) se vacunaron una única vez, seguido de seis desafíos durante un período de 300 días.	Dosis única	71 (15 dpv) 93 (30 dpv) 94 (150 dpv) 70 (180 dpv) 86 (210 dpv) 67 (300 dpv)
Supervivencia relativa = $1 - (\% \text{ de mortalidad peces vacunados} / \% \text{ de mortalidad peces no vacunados}) \times 100$, ppv: vacunación post-primaria, dpv: días post-vacunación, IP: Inyección intraperitoneal.						

Cuando no existen vacunas comerciales efectivas en una región, las vacunas autógenas resultan favorables para limitar la propagación de brotes infecciosos, estas se fabrican a partir de cepas locales, su desarrollo exige el aislamiento preciso y caracterización microbiológica rigurosa del agente patógeno, competencias técnicas especializadas para la formulación biológica y el cumplimiento de la normativa sanitaria y regulatoria específica de cada país (Naseer et al., 2025).

El mercado de vacunas autógenas para peces es un subsegmento especializado dentro del mercado más amplio de vacunas estandarizadas para acuicultura, entre los actores en la fabricación, desarrollo o su comercialización para el sector acuícola se encuentran HIPRA (Brasil y España), Vaxxinova (Noruega, Chile, Brasil, Alemania y Estados Unidos), Ceva Ridgeway Biologicals (Reino Unido), Kennebec River Biosciences (EE. UU), VECOL (Colombia), entre otras. Este último asumió en Colombia la producción de 89 millones de dosis durante la emergencia provocada por el serotipo Ia de *S. agalactiae* en 2023 y 2024; adicionalmente, en colaboración con el laboratorio de diagnóstico colombiano CORPAVET, desarrollaron la primera vacuna autógena contra la weisselosis (*Weissella ceti*) para su uso en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) (VECOL, 2024a, 2024b).

Las vacunas ofrecen protección más amplia y duradera, en algunos casos de meses tras una sola aplicación y mayor con refuerzo, que otras terapias cuyo efecto cesa al suspender el suministro, en contraste con los antibióticos, no contribuye al problema de resistencia bacteriana ni deja



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



residuos en el tejido muscular, favoreciendo la aceptación en mercados de exportación exigentes; sin embargo, la administración vía intraperitoneal, la de mayor eficacia, requiere la manipulación individual del pez, generando estrés, demanda mano de obra especializada y anestesia que eleva su costo, inviable en peces muy pequeños o en producciones intensivas de bajo margen económico (Hoseinifar et al., 2024; Linh et al., 2022; Queiróz et al., 2024).

No obstante, en granjas de tilapia del Nilo donde la estreptococosis limita la producción resulta más conveniente el uso de vacunas que la gestión reactiva con antibióticos, que podría contrubir al desarrollo de cepas bacterianas con resistencia múltiple; no obstante, la efectividad de un programa de vacunación está intrínsecamente ligado a aspectos como la precisión en el diagnóstico, al manejo de prácticas acuícolas responsables y la adopción de planes de bioseguridad rigurosos (Naseer et al., 2025).

Probióticos

Los probióticos se definen como organismos vivos, muertos o componentes de una célula microbiana que al ser suministrados en el alimento o agua de cultivo estimulan la respuesta inmune innata, el aprovechamiento del alimento, la tolerancia al estrés y estado de salud general, asociado a la mejora del equilibrio microbiano del hospedero como del entorno ambiental (Merrifield et al., 2010).

Las investigaciones se dividen en dos grupos principales, las bacterias del género *Bacillus* y las bacterias ácido lácticas, las cuales se administran mediante el alimento en densidades de 10^6 a 10^{10} UFC/g, así como aditivos acuáticos que logran modular la calidad del agua en sistemas biofloc, utilizando cepas individuales o combinadas, siendo estas últimas las más eficaces, puesto que el efecto sinérgico potencia el desempeño productivo y la resistencia a patógenos (Tabla II) (Assefa & Abunna, 2018; Li et al., 2024; Vijayaram et al., 2024; Xia et al., 2020; Zabidi et al., 2021).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla II. Uso de cepas probióticas frente a *S. agalactiae* en tilapia nilótica (*O. niloticus*).

Referencia	Cepa	Descripción	Tratamiento	Supervivencia relativa (%)
Guimarães et al. (2022)	<i>Bacillus subtilis</i> (BS) y <i>Lactiplantibacillus plantarum</i> (LP)	Ambas cepas se rociaron sobre el alimento y se suministró durante 21 días a juveniles de <i>O. niloticus</i> (20 ± 2.07 g), vía oral (alimento). Posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	BS (1.34×10^7 UFC/g) + LP (1.51×10^8 UFC/g)	67
Li et al. (2024)	<i>Lactobacillus reuteri</i>	<i>L. reuteri</i> se roció uniformemente sobre la dieta basal de juveniles de <i>O. niloticus</i> (9.01 ± 0.11 g) en distinta concentración (UFC/kg de alimento) y se suplementó durante 56 días. Posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> y <i>Aeromonas hydrophila</i> .	1×10^9 UFC/kg	23,53
			1×10^{10} UFC/kg	35,30
			1×10^{10} UFC/kg	35,30
Xia et al. (2020)	<i>B. subtilis</i> (BS) y <i>B. cereus</i> (BC)	Las cepas se añadieron a la dieta basal de juveniles de <i>O. niloticus</i> en conjunto e individual y se suministraron durante seis semanas. Posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	BS (1×10^8 UFC/g)	No reporta
			BC (1×10^8 UFC/g)	
			BS (0.5×10^8 UFC/g) + BC (0.5×10^8 UFC/g)	
Zabidi et al. (2021)	<i>Lysinibacillus fusiformis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> y <i>Enterococcus hirae</i>	Las cepas se administraron en un sistema biofloc durante cuatro semanas a alevines de <i>Oreochromis</i> spp. (570 ± 3.5 mg) y posteriormente, fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	5×10^8 UFC/ mL	83 ± 1.43
Supervivencia relativa = $1 - (\% \text{ de mortalidad peces vacunados} / \% \text{ de mortalidad peces no vacunados}) \times 100$				

Los probióticos pueden incorporarse directamente al alimento o al agua, permitiendo inmunizar grandes grupos de peces, incluso en peces pequeños en etapa larval y evitando la manipulación individual de los peces, reduciendo el estrés por manejo; además, son una buena alternativa frente el aumento de la resistencia bacteriana causada por el uso inadecuado de antibióticos (Li et al., 2024; Merrifield et al., 2010; Monteiro et al., 2016; O'Flaherty & Cummins, 2017; Sherif & Kassab, 2023; Xia et al., 2020; Zabidi et al., 2021).

A pesar de las virtudes, la aplicación de los probióticos en la acuicultura sigue siendo limitada, entre otras cosas por la dificultad para producir cepas nativas adaptadas a especies acuáticas específicas, la pérdida de viabilidad de las cepas durante el procesamiento del alimento (extrusión con altas temperaturas), almacenamiento o tránsito por el ambiente ácido del estómago, reduciendo su eficacia real en campo y a diferencia de las vacunas, que generan memoria inmunológica específica y duradera, la protección probiótica suele ser transitoria y requiere administración continua o repetida (Merrifield et al., 2010; Wanka et al., 2018).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Fitoterapia

El tratamiento fitoterapéutico se ha explorado como una alternativa sostenible y de menor impacto ambiental en el que se emplean extractos vegetales, aceites esenciales y compuestos bioactivos procedentes de plantas (Hoseinifar et al., 2020; Iqbal et al., 2024). Los fitobióticos exhiben un espectro de actividad que incluye efectos inmunoestimulantes, antioxidantes y antimicrobianos (Tabla III); además, su uso no genera residuos en músculo ni en el agua, evitando así impactos negativos sobre la salud humana y la microbiota acuática (Abd El-Hamid et al., 2021; Espirito Santo et al., 2020; Hoseinifar et al., 2024; Kusi et al., 2025; Pudota et al., 2025).

Tabla III. Uso de aditivos fitoterapéuticos en tilapia del Nilo (*O. niloticus*) desafiada con *S.*

Referencia	Fuente	Compuesto principal	Descripción	Tratamiento	Supervivencia relativa (%)
Abd El-Hamid et al. (2021)	Canela (<i>Cinnamomum</i> spp)	Cinamaldeído	Para las dietas, la nanoemulsión de cinamaldeído se pulverizó uniformemente sobre pellets de 2 mm en diferentes concentraciones (mg/kg de dieta). Tras 12 semanas de alimentación se realizó el desafío con <i>S. agalactiae</i> .	100 mg/kg	
				200 mg/kg	
				300 mg/kg	
Espirito Santo et al. (2020)	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	Carvacrol, p-cimeno, γ -terpineno y timol.	El orégano se trituró y el polvo resultante se incorporó a la dieta basal en diferentes concentraciones. A 30 días de ser alimentadas con las dietas experimentales, los juveniles de <i>O. niloticus</i> (promedio 45 g) fueron desafiados con <i>S. agalactiae</i> .	0%	No reporta
				0,075%	7,69
				0,15%	15,41
Kusi et al. (2025)	Ajo (<i>Allium sativum</i>), cúrcuma (<i>Curcuma longa</i>) y jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	Alcaloides, flavonoides, taninos y saponinas	La cúrcuma (TUD), ajo (GAD) y jengibre (GID) pulverizados se añadieron a las dietas de ensayo en una concentración de 10 g/kg de dieta basal. Tras 56 días de suplementación, <i>O. niloticus</i> se desafió a <i>S. agalactiae</i> .	1% TUD	46,7
				1% GAD	67,7
				1% GID	53,3

Supervivencia relativa = $1 - (\% \text{ de mortalidad peces vacunados} / \% \text{ de mortalidad peces no vacunados}) \times 100$



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

A diferencia de una vacuna o un antibiótico, los fitobióticos combinan efectos inmunoestimulantes, antimicrobianos y antioxidantes en un solo producto gracias a la acción sinérgica de múltiples metabolitos secundarios presentes en las plantas y, como los probióticos, son una alternativa amigable con el medio acuático; sin embargo, muchos extractos provienen de plantas costosas o difíciles de producir, las variaciones en la composición activa de las plantas impide las dosificaciones consistentes, existe poco conocimiento sobre los mecanismos de acción en peces, algunos compuestos requieren de tecnologías como la microencapsulación y la adopción comercial requiere de métodos de producción estables, regulación clara y validaciones en condiciones reales de cultivo (Abdallah et al., 2024; Hoseinifar et al., 2020; Pudota et al., 2025).

Antibióticos

A pesar del desarrollo de estrategias de prevención basadas en vacunas, probióticos y manejo bioseguro, el uso de antimicrobianos continúa siendo la principal herramienta terapéutica en sistemas de producción intensiva, justo donde las altas densidades de cultivo y el estrés favorecen la aparición de brotes infecciosos (Done et al., 2015; Monteiro et al., 2016; O'Flaherty & Cummins, 2017; Sherif & Kassab, 2023).

Los antibióticos empleados para el control de *S. agalactiae* en tilapia incluyen β -lactámicos (amoxicilina, ampicilina), fluoroquinolonas (enrofloxacin, ciprofloxacina), tetraciclinas (oxitetraclina, doxiciclina), anfenicoles (florfenicol) y macrólidos (eritromicina) aunque en algunos casos se ha reportado resistencia bacteriana frente los mismos fármacos (Tabla IV) (Abdallah et al., 2024; Delannoy et al., 2021; Deng et al., 2019; Hernández-Hernández et al., 2023; Leal et al., 2023).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Tabla IV. Sensibilidad antimicrobiana de las cepas de *S. agalactiae* a los principales antibióticos en diferentes regiones.

Referencia	Región	Cepa	Sensible	Intermedia	Resistente
Delannoy et al. (2021)	África del Norte	<i>S. agalactiae</i> IV	amoxicilina, cloranfenicol, enrofloxacin, eritromicina, florfenicol, oxitetraciclina.		sulfametoxazol-trimetoprim.
Deng et al. (2019)	China	<i>S. agalactiae</i> Ia	Cefalexina, clindamicina, doxiciclina, enrofloxacin, eritromicina, florfenicol, gentamicina, norfloxacin, ofloxacin, penicilina, tetraciclina y vancomicina.	Cefalexina, clindamicina, doxiciclina, enrofloxacin, norfloxacin y tetraciclina.	Cefalexina, clindamicina, enrofloxacin, eritromicina, gentamicina, norfloxacin, penicilina y tetraciclina.
Hassan et al. (2026)	Egipto	<i>S. agalactiae</i> PV010354		Amoxicilina/ácido clavulánico, ciprofloxacina oxitetraciclina.	Ampicilina, eritromicina, kanamicina, novobiocina, penicilina, trimetoprima/sulfametoxazol.
Hernández - Hernández et al. (2023)	México	<i>S. agalactiae</i>	Ampicilina, bencilpenicilina, cefotaxima, ceftriaxona, clindamicina, cloranfenicol, eritromicina, levofloxacin, linezolid, moxifloxacin,		
			tetraciclina, tigeciclina, trimetoprim/sulfametoxazol y vancomicina.		
Leal et al. (2023)	Brasil	<i>S. agalactiae</i> Ib	Amoxicilina, doxiciclina oxitetraciclina, florfenicol.		Amoxicilina, norfloxacin y sulfametoxazol + trimetoprima.
Leal et al. (2023)	Brasil	<i>S. agalactiae</i> III	Amoxicilina, florfenicol.		Amoxicilina, doxiciclina, florfenicol, norfloxacin, oxitetraciclina y sulfametoxazol + trimetoprima.
Rozas-Serri et al. (2026)	América del Norte, Central y Sur	<i>S. agalactiae</i> Ia	Amoxicilina, florfenicol	Enrofloxacin, oxitetraciclina.	



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Los antibióticos poseen la capacidad de actuar directamente sobre la bacteria patógena y a diferencia de las vacunas, probióticos y fitobióticos, que son terapias profilácticas, pueden eliminar o controlar una infección en curso; sin embargo, el uso repetido o subóptimo genera cepas bacterianas resistentes, con riesgo de transferencia de genes de resistencia a bacterias patógenas para humanos; sobre todo la acuicultura, la diseminación de compuestos antimicrobianos en el medio acuático han resultado en la transferencia de genes de resistencia entre *S. agalactiae* y otras especies bacterianas acuáticas, situación que podría agravarse a medida que aumente la demanda de productos acuícolas (Done et al., 2015; Haenen et al., 2023; Hanson, 2020; Monteiro et al., 2016; O'Flaherty & Cummins, 2017).

► DISCUSIÓN

La estreptococosis se consolida como una de las enfermedades bacterianas de mayor impacto en la acuicultura mundial, particularmente en el cultivo de tilapia. La interacción entre las condiciones de los sistemas de producción intensivos, las limitaciones de las estrategias de control disponibles y la elevada capacidad adaptativa de las cepas de *S. agalactiae* caracterizada por la aparición de nuevos linajes, cambios en la virulencia y creciente resistencia antimicrobiana, convierte a la infección en un problema sanitario que evoluciona hacia escenarios epidemiológicos complejos (Abdallah et al., 2024; Abdallah et al., 2024; Juárez-Cortés et al., 2024; Megli et al., 2025; Schar et al., 2023; Sukenda et al., 2021; Van Doan et al., 2022).

En América Latina, el serotipo Ia-2021 emergente ha demostrado una elevada capacidad de diseminación y cuadros clínicos considerablemente más agresivos. El cambio epidemiológico observado en Colombia, donde durante años predominó un único clon (Ib/ST260) y ahora se enfrenta al serotipo Ia, representa un desafío adicional para la



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



vigilancia epidemiológica nacional, dado que ambos linajes difieren en virulencia, presentación clínica, grupos etarios afectados y posiblemente en la respuesta a las estrategias de prevención (Barato et al., 2015; LaFrentz et al., 2026).

La epidemiología de *S. agalactiae* no depende exclusivamente de las características del microorganismo, sino de la interacción entre el agente, el hospedero y el ambiente; en consecuencia, la estreptococosis debe entenderse como una enfermedad multifactorial, la simple eliminación de la bacteria no garantiza el control si persisten las condiciones ambientales que favorecen su establecimiento, especialmente en cuerpos de agua compartidos (Delannoy et al., 2013; Fyrand et al., 2024; Liu et al., 2013; Phuoc et al., 2021).

Respecto a las estrategias de prevención, ninguna alternativa disponible ofrece protección absoluta frente a la estreptococosis, las medidas de bioseguridad representan la primera línea de defensa, pues reducen la probabilidad de ingreso y diseminación del patógeno en las unidades de producción; no obstante, su efectividad depende del cumplimiento riguroso por parte de los productores y de programas permanentes de capacitación y vigilancia, en países donde predominan pequeños productores con diferentes niveles tecnológicos, la implementación homogénea de protocolos de bioseguridad sigue siendo un reto importante (Haenen et al., 2023; Hanson, 2020; Naseer et al., 2025).

La diversidad genética de *S. agalactiae* constituye uno de los principales obstáculos para el desarrollo de medidas de control universales (Barony et al., 2017; Delannoy et al., 2012; Kayansamruaj et al., 2015). Las vacunas constituyen actualmente la herramienta preventiva con mayor respaldo; sin embargo, su eficacia depende de la similitud antigénica entre la cepa vacunal y la circulante en campo, por lo que los programas de vacunación requerirán actualizaciones periódicas conforme evolucione la población bacteriana. En este escenario, las vacunas autógenas adquieren un papel estratégico cuando no se cuenta con vacunas eficaces, como lo demuestra la experiencia colombiana durante



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



la emergencia sanitaria de 2023 (Du et al., 2022; Liu et al., 2016; Piamsomboon et al., 2024; Queiróz et al., 2024).

Por su parte, aunque los probióticos y fitobióticos constituyen una alternativa ambientalmente sostenible con resultados importantes en la sobrevivencia de *O. niloticus* frente *S. agalactiae*, aún es necesario profundizar en sus mecanismos de acción y establecer protocolos de producción que garanticen una composición bioactiva consistente (Hoseinifar et al., 2024; Merrifield et al., 2010; Pudota et al., 2025; Wanka et al., 2018; Xia et al., 2020; Zabidi et al., 2021).

El uso de antibióticos plantea importantes preocupaciones sanitarias, si bien numerosos aislamientos mantienen sensibilidad frente a amoxicilina y florfenicol, comienzan a documentarse perfiles variables de resistencia según la región geográfica y el serotipo, la aparición de cepas resistentes y el riesgo de transferencia horizontal de genes de resistencia entre bacterias ambientales y patógenas, refuerzan la necesidad de promover la integración de múltiples herramientas preventivas, enfocadas en programas integrales y resilientes de manejo sanitario, orientados no solo al tratamiento de la enfermedad, sino a la reducción de los factores predisponentes que favorecen su aparición (Hassan et al., 2026; Hoseinifar et al., 2024; Juárez-Cortés et al., 2024; Kelany et al., 2023; O'Flaherty & Cummins, 2017).

Finalmente, esta revisión identificó importantes vacíos de conocimiento en Colombia: la información sobre la distribución nacional de los diferentes serotipos sigue siendo limitada, al igual que los estudios sobre la evolución genética de las cepas circulantes, la resistencia antimicrobiana y la persistencia ambiental del patógeno; asimismo, existe escasa evidencia sobre la interacción entre *S. agalactiae* y otros factores sanitarios en los sistemas intensivos de producción colombianos, incluyendo coinfecciones, microbiota ambiental y variabilidad entre regiones productoras, la generación de este conocimiento permitirá fortalecer los programas nacionales de vigilancia y desarrollar estrategias de prevención más específicas para las condiciones epidemiológicas del país.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



► CONCLUSIÓN

La estreptococosis es el mayor desafío sanitario en el cultivo de tilapia en sistemas de producción intensivos, siendo *Streptococcus agalactiae* el agente etiológico predominante. La interacción entre factores ambientales, prácticas de manejo y la ausencia de medidas de bioseguridad estrictas entre regiones ha facilitado la diseminación del patógeno, afectando la sostenibilidad del sector y la percepción de inocuidad de los productos acuícolas. El desarrollo de vacunas efectivas y la estandarización de tratamientos alternativos, como los probióticos y fitobióticos, siguen siendo temas de discusión e interés entre la comunidad científica. Es importante continuar realizando investigaciones sobre la epidemiología molecular, la patogénesis, la dinámica de transmisión y la resistencia antimicrobiana de *S. agalactiae* en sistemas de cultivo de tilapia. En Colombia, el agente etiológico de la estreptococosis en tilapia es *S. agalactiae*, del que se reconocen los serotipos Ib/ST260 y Ia/ST7, siendo este último un serotipo emergente asociado a cuadros agudos y de alta mortalidad que afectan todas las etapas productivas de tilapia, cuyas afectaciones incluyen dinámicas sociales, culturales, económicas y ambientales.

► AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud al Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño, Colombia, por promover este tipo de trabajos científicos. De igual manera, agradecen al Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la misma universidad. Hacemos un reconocimiento especial a los revisores anónimos que nos han ayudado a mejorar sustancialmente el manuscrito.



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

► LITERATURA CITADA

Abdallah, E. S. H., Metwally, W. G. M., Abdel-Rahman, M. A. M., Albano, M., & Mahmoud, M. M. (2024). Streptococcus agalactiae Infection in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*): A Review. *Biology*, 13(11), 914. <https://doi.org/10.3390/biology13110914>

Abdallah, E. S. H., Metwally, W. G. M., Bayoumi, S. A. L. H., Abdel Rahman, M. A. M., & Mahmoud, M. M. (2024). Isolation and characterization of Streptococcus agalactiae inducing mass mortalities in cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with trials for disease control using zinc oxide nanoparticles and ethanolic leaf extracts of some medicinal plants. *BMC Veterinary Research*, 20(1), 468. <https://doi.org/10.1186/s12917-024-04298-z>

Abd El-Hamid, M. I., Ibrahim, S. M., Eldemery, F., El-Mandrawy, S. A. M., Metwally, A. Sh., Khalifa, E., Elnahriry, S. S., & Ibrahim, D. (2021). Dietary cinnamaldehyde nanoemulsion boosts growth and transcriptomes of antioxidant and immune related genes to fight Streptococcus agalactiae infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 113, 96–105. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.03.021>

Abu-Elala, N. M., Samir, A., Wasfy, M., & Elsayed, M. (2019). Efficacy of Injectable and Immersion Polyvalent Vaccine against Streptococcal Infections in Broodstock and Offspring of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 88, 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.042>

Appel, R. J. C., Siqueira, K. N., Konstantinidis, I., Martins, M. I. M., Joshi, R., Pretto-Giordano, L. G., Vilas-Boas, L. A., & Fernandes, J. M. de O. (2025). Comparative transcriptome analysis reveals a serotype-specific immune response in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) infected with Streptococcus agalactiae. *Frontiers in Immunology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1528721>

Assefa, A., & Abunna, F. (2018). Maintenance of Fish Health in Aquaculture: Review of Epidemiological Approaches for Prevention and Control of Infectious Disease of Fish. *Veterinary Medicine International*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/5432497>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Avila-Castillo, R. A., del Rio-Rodriguez, R. E., Soto-Rodriguez, S. A., Navarro-Flores, J., Cu-Escamilla, A. D., Marrujo-Lopez, F. I., Aguilar-Rendon, K. G., & Gomez-Solano, M. I. (2026). Confirmed Outbreaks of Streptococcosis Caused by *Streptococcus agalactiae* Serotype Ia in Nile Tilapia Culture From Campeche, Mexico. *Journal of Fish Diseases*, 49(8). <https://doi.org/10.1111/jfd.70159>

Barato, P., Martins, E. R., Melo-Cristino, J., Iregui, C. A., & Ramirez, M. (2015). Persistence of a single clone of *Streptococcus agalactiae* causing disease in tilapia (*Oreochromis* sp.) cultured in Colombia over 8 years. *Journal of Fish Diseases*, 38(12), 1083–1087. <https://doi.org/10.1111/jfd.12337>

Barony, G. M., Tavares, G. C., Pereira, F. L., Carvalho, A. F., Dorella, F. A., Leal, C. A. G., & Figueiredo, H. C. P. (2017). Large-scale genomic analyses reveal the population structure and evolutionary trends of *Streptococcus agalactiae* strains in Brazilian fish farms. *Scientific Reports*, 7(1), 13538. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13228-z>

Barro, C., Salloum, M., Lim, S., Delputte, P., & Le Doare, K. (2023). Simultaneous carriage of multiple serotypes of Group B *Streptococcus*: Systematic review and meta-analysis. *Vaccine*, 41(1), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2022.11.024>

Barton, P. S., McIntyre, S., Evans, M. J., Bump, J. K., Cunningham, S. A., & Manning, A. D. (2016). Substantial long-term effects of carcass addition on soil and plants in a grassy eucalypt woodland. *Ecosphere*, 7(10). <https://doi.org/10.1002/ecs2.1537>

Bianchi-Jassir, F., Paul, P., To, K.-N., Carreras-Abad, C., Seale, A. C., Jauneikaite, E., Madhi, S. A., Russell, N. J., Hall, J., Madrid, L., Bassat, Q., Kwatra, G., Le Doare, K., & Lawn, J. E. (2020). Systematic review of Group B *Streptococcal* capsular types, sequence types and surface proteins as potential vaccine candidates. *Vaccine*, 38(43), 6682–6694. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2020.08.052>

Carrera-Quintana, S. C., Gentile, P., & Girón-Hernández, J. (2022). An overview on the aquaculture development in Colombia: Current status, opportunities and challenges. *Aquaculture*, 561, 738583. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738583>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Chen, M., Li, L.-P., Wang, R., Liang, W.-W., Huang, Y., Li, J., Lei, A.-Y., Huang, W.-Y., & Gan, X. (2012). PCR detection and PFGE genotype analyses of streptococcal clinical isolates from tilapia in China. *Veterinary Microbiology*, 159(3–4), 526–530. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.04.035>

Contraloría General de la República. (2023). *Actuación Especial de Fiscalización (AEF) Emergencias Zoonositaria (Streptococcus) Y Fitosanitaria (FOC R4T)* (pp. 1–42). <https://www.ica.gov.co/areas/control-interno/vigencias/2023/12-informe-aef-ica-aunap-streptococcus-y-foc-r4t.aspx>

Debnath, S. C., McMurtrie, J., Temperton, B., Delamare-Deboutteville, J., Mohan, C. V., & Tyler, C. R. (2023). Tilapia aquaculture, emerging diseases, and the roles of the skin microbiomes in health and disease. *Aquaculture International*, 31(5), 2945–2976. <https://doi.org/10.1007/s10499-023-01117-4>

Delannoy, C. M., Crumlish, M., Fontaine, M. C., Pollock, J., Foster, G., Dagleish, M. P., Turnbull, J. F., & Zadoks, R. N. (2013). Human *Streptococcus agalactiae* strains in aquatic mammals and fish. *BMC Microbiology*, 13(1), 41. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-13-41>

Delannoy, C., Samai, H., & Labrie, L. (2021). *Streptococcus agalactiae* serotype IV in farmed tilapia. *Aquaculture*, 544, 737033. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737033>

Deng, L., Li, Y., Geng, Y., Zheng, L., Rehman, T., Zhao, R., Wang, K., OuYang, P., Chen, D., Huang, X., He, C., Yang, Z., & Lai, W. (2019). Molecular serotyping and antimicrobial susceptibility of *Streptococcus agalactiae* isolated from fish in China. *Aquaculture*, 510, 84–89. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.046>

Deng, Y., Lin, Z., Xu, L., Jiang, J., Cheng, C., Ma, H., & Feng, J. (2024). A first report of *Streptococcus iniae* infection of the spotted sea bass (*Lateolabrax maculatus*). *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1404054>

Dirección de Cadenas Pecuarias Pesqueras y Acuícolas. (2024). *Cadena de la Acuicultura* (pp. 1–33).



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Done, H. Y., Venkatesan, A. K., & Halden, R. U. (2015). Does the Recent Growth of Aquaculture Create Antibiotic Resistance Threats Different from those Associated with Land Animal Production in Agriculture? *The AAPS Journal*, 17(3), 513–524. <https://doi.org/10.1208/s12248-015-9722-z>

Du, Y., Hu, X., Miao, L., & Chen, J. (2022). Current status and development prospects of aquatic vaccines. *Frontiers in Immunology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1040336>

Espirito Santo, A. H., Brito, T. S., Brandão, L. L., Tavares, G. C., Leibowitz, M. P., Prado, S. A., Ferraz, V. P., Hoyos, D. C. M., Turra, E. M., Teixeira, E. A., Figueiredo, H. C. P., Leal, C. A. G., & Ribeiro, P. A. P. (2020). Dietary supplementation of dry oregano leaves increases the innate immunity and resistance of Nile tilapia against *Streptococcus agalactiae* infection. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(2), 418–436. <https://doi.org/10.1111/jwas.12602>

FAO. (2025). *GLOBEFISH | Quarterly Tilapia analysis - August 2025* (pp. 1–5). <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd6774en>

FEDEACUA. (2023). Podemos tener una gran acuicultura ornamental sostenible. *Acuicultores*, 1–54. https://fedecua.org/files/acuicultores_13_compressed1.pdf

Fyrand, K., Xu, C., & Evensen, Ø. (2024). Characterization of *Streptococcus agalactiae* 1a isolated from farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in North America, Central America, and Southeast Asia. *Fish & Shellfish Immunology*, 154, 109919. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109919>

Guimarães, M. C., Cerezo, I. M., Fernandez-Alarcon, M. F., Natori, M. M., Sato, L. Y., Kato, C. A. T., Moriño, M. A., Tapia-Paniagua, S., Dias, D. de C., Ishikawa, C. M., Ranzani-Paiva, M. J. T., Cassiano, L. L., Bach, E. E., Clissa, P. B., Orefice, D. P., & Tachibana, L. (2022). Oral Administration of Probiotics (*Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum*) in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Vaccinated and Challenged with *Streptococcus agalactiae*. *Fishes*, 7(4), 211. <https://doi.org/10.3390/fishes7040211>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Haenen, O. L. M., Dong, H. T., Hoai, T. D., Crumlish, M., Karunasagar, I., Barkham, T., Chen, S. L., Zadoks, R., Kiermeier, A., Wang, B., Gamarro, E. G., Takeuchi, M., Azmai, M. N. A., Fouz, B., Pakingking, R., Wei, Z. W., & Bondad-Reantaso, M. G. (2023). Bacterial diseases of tilapia, their zoonotic potential and risk of antimicrobial resistance. *Reviews in Aquaculture*, 15(S1), 154–185. <https://doi.org/10.1111/raq.12743>

Hanson, L. A. (2020). Practical Management of Bacterial Diseases in Finfish Aquaculture to Minimise Antimicrobial Resistance. *Asian Fisheries Science*, 33 S. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2020.33.S1.009>

Hassan, M. M. A., Khalil, R. H., Abotaleb, M. M., Amer, M. T., & Abdel-Latif, H. M. R. (2026). Characterization and antibiogram of bacterial isolates from diseased farmed Nile tilapia in Beheira governorate, Egypt. *BMC Veterinary Research*, 22(1), 51. <https://doi.org/10.1186/s12917-025-05227-4>

Hernández, E., Figueroa, J., & Iregui, C. (2009). Streptococcosis on a red tilapia, *Oreochromis* sp., farm: a case study. *Journal of Fish Diseases*, 32(3), 247–252. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2008.00981.x>

Hernández-Hernández, M., García-Márquez, L., Gutiérrez-Jiménez, J., Feliciano-Guzmán, J., López-Santiz, R., & Bautista-Trujillo, G. (2023). *Oreochromis niloticus* exhibe una prevalencia mayor de *Streptococcus* beta hemolítico cuando se mantienen en jaulas en comparación con estanques. *Abanico Veterinario*, 13. <https://doi.org/10.21929/abavet2023.19>

He, Y., Huang, J.-L., Wang, K., Chen, D.-F., Geng, Y., Huang, X.-L., Ou-Yang, P., Zhou, Y., Wang, Y., Ming, J., & Lai, W.-M. (2018). Pathogenicity of streptococcus agalactiae in oreochromis niloticus. *Oncotarget*. <https://www.oncotarget.com/article/23551/text/>

Hoseinifar, S. H., Ashouri, G., Marisaldi, L., Candelma, M., Basili, D., Zimbelli, A., Notarstefano, V., Salvini, L., Randazzo, B., Zarantoniello, M., Pessina, A., Sojan, J. M., Vargas, A., & Carnevali, O. (2024). Reducing the Use of Antibiotics in European Aquaculture with Vaccines, Functional Feed Additives and Optimization of the Gut Microbiota. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(2), 204. <https://doi.org/10.3390/jmse12020204>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Hoseinifar, S. H., Sun, Y.-Z., Zhou, Z., Van Doan, H., Davies, S. J., & Harikrishnan, R. (2020). Boosting Immune Function and Disease Bio-Control Through Environment-Friendly and Sustainable Approaches in Finfish Aquaculture: Herbal Therapy Scenarios. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(3), 303–321. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1731420>

Hussein, M. M. A., Hassan, W. H., Yassen, H. A., & Osman, A. M. A. (2025). Surveillance of streptococcosis among cultured gilthead seabream (*Sparus aurata*) and European seabass (*Dicentrarchus labrax*) from Dibah triangle, Egypt. *Aquaculture International*, 33(6), 398. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02077-7>

Iqbal, T., Salma, U., Umair, M., Iqbal, H., Asmara, ., Khalid, T., & Hyder, S. (2024). Utilizing Medicinal Plants for Disease Treatment in Aquaculture: An Approach to Improve Fish Health. *MARKHOR (The Journal of Zoology)*, 03–10. <https://doi.org/10.54393/mjz.v5i03.119>

Jiménez, A., Rey, A., Penagos, L., Ariza, M., Figueroa, J., & Iregui, C. (2007). Streptococcus agalactiae: hasta ahora el único Streptococcus patógeno de tilapias cultivadas en Colombia. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 54(2), 285–294. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639214004>

Juárez-Cortés, M. Z., Vázquez, L. E. C., Díaz, S. F. M., & Cardona Félix, C. S. (2024). Streptococcus iniae in aquaculture: a review of pathogenesis, virulence, and antibiotic resistance. *International Journal of Veterinary Science and Medicine*, 12(1), 25–38. <https://doi.org/10.1080/23144599.2024.2348408>

Kawasaki, M., Delamare-Deboutteville, J., Bowater, R. O., Walker, M. J., Beatson, S., Ben Zakour, N. L., & Barnes, A. C. (2018). Microevolution of Streptococcus agalactiae ST-261 from Australia Indicates Dissemination via Imported Tilapia and Ongoing Adaptation to Marine Hosts or Environment. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(16). <https://doi.org/10.1128/AEM.00859-18>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Kusi, I. O., Obirikorang, K. A., & Adjei-Boateng, D. (2025). Effects of Phytobiotic *Curcuma longa*, *Allium sativum* and *Zingiber officinale* -Supplemented Diets on Growth, Utilisation of Feed and Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Resistance Against *Streptococcus agalactiae*. *Aquaculture Research*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/are/9911375>

LaFrentz, B. R., Barato, P., Keleher, W. R., Johnston, A. E., Raftery, M., & Abernathy, J. W. (2026). Emergence, identification, and characterization of a novel *Streptococcus agalactiae* CPS type Ia ST7 strain (Ia-2021) causing large scale mortalities in tilapia aquaculture. *Scientific Reports*, 16(1), 20338. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-52208-0>

Lannes-Costa, P. S., Oliveira, J. S. S., Silva Santos, G., & Nagao, P. E. (2021). A current review of pathogenicity determinants of *Streptococcus* sp. *Journal of Applied Microbiology*, 131(4), 1600–1620. <https://doi.org/10.1111/jam.15090>

Leal, C. A. G., Queiroz, G. A., Pereira, F. L., Tavares, G. C., & Figueiredo, H. C. P. (2019). *Streptococcus agalactiae* Sequence Type 283 in Farmed Fish, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 25(4), 776–779. <https://doi.org/10.3201/eid2504.180543>

Leal, C. A. G., Silva, B. A., & Colombo, S. A. (2023). Susceptibility Profile and Epidemiological Cut-Off Values Are Influenced by Serotype in Fish Pathogenic *Streptococcus agalactiae*. *Antibiotics*, 12(12), 1726. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12121726>

Leal, C. A. G., Xavier, R. G. C., Queiroz, G. A. de, Silva, T. M. F., Teixeira, J. P., Aburjaile, F. F., & Tavares, G. C. (2024). *Streptococcus agalactiae* Infection in Wild Trahira (*Hoplias malabaricus*) and Farmed Arapaima (*Arapaima gigas*) in Brazil: An Interspecies Transmission in Aquatic Environments Shared with Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Microorganisms*, 12(12), 2393. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12122393>

Legario, F. S., Choresca, C. H., Turnbull, J. F., & Crumlish, M. (2020). Isolation and molecular characterization of streptococcal species recovered from clinical infections in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Philippines. *Journal of Fish Diseases*, 43(11), 1431–1442. <https://doi.org/10.1111/jfd.13247>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Liao, P.-C., Tsai, Y.-L., Chen, Y.-C., Wang, P.-C., Liu, S.-C., & Chen, S.-C. (2020). Analysis of Streptococcal Infection and Correlation with Climatic Factors in Cultured Tilapia *Oreochromis* spp. in Taiwan. *Applied Sciences*, 10(11), 4018. <https://doi.org/10.3390/app10114018>

Linh, N. V., Dien, L. T., Dong, H. T., Khongdee, N., Hoseinifar, S. H., Musthafa, M. S., Dawood, M. A. O., & Van Doan, H. (2022). Efficacy of Different Routes of Formalin-Killed Vaccine Administration on Immunity and Disease Resistance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Challenged with *Streptococcus agalactiae*. *Fishes*, 7(6), 398. <https://doi.org/10.3390/fishes7060398>

Liu, G., Zhang, W., & Lu, C. (2013). Comparative genomics analysis of *Streptococcus agalactiae* reveals that isolates from cultured tilapia in China are closely related to the human strain A909. *BMC Genomics*, 14(1), 775. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-775>

Liu, G., Zhu, J., Chen, K., Gao, T., Yao, H., Liu, Y., Zhang, W., & Lu, C. (2016). Development of *Streptococcus agalactiae* vaccines for tilapia. *Diseases of Aquatic Organisms*, 122(2), 163–170. <https://doi.org/10.3354/dao03084>

Liu, J., Liu, G., Cao, Y., Du, H., Liu, T., Liu, M., Li, P., He, Y., Wang, G., Yu, Q., & Wang, E. (2023). BNC-rSS, a bivalent subunit nanovaccine affords the cross-protection against *Streptococcus agalactiae* and *Streptococcus iniae* infection in tilapia. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 126670. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126670>

Li, W., He, H., Li, S., Jiang, B., Liu, C., Huang, Y., & Su, Y. (2024). Effects of dietary *Lactobacillus reuteri* on antimicrobial activity, antioxidant capacity, non-specific immune response, and resistance to *Streptococcus agalactiae* infection of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Reports*, 35, 101976. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.101976>

Maekawa, S., Wang, Y., Yoshida, T., Wang, P., & Chen, S. (2020). Group C *Streptococcus dysgalactiae* infection in fish. *Journal Of Fish Diseases*, 43(9), 963-970. <https://doi.org/10.1111/jfd.13211>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



MacKinnon, B., Debnath, P. P., Bondad-Reantaso, M. G., Fridman, S., Bin, H., & Nekouei, O. (2023). Improving tilapia biosecurity through a value chain approach. *Reviews in Aquaculture*, 15(S1), 57–91. <https://doi.org/10.1111/raq.12776>

Marco, J., Valbuena, N., Valderrama, D., & Vásquez, M. (2025). Examining the success of the tilapia industry in Huila, an emerging aquaculture hub in the Colombian Southwest. *Aquaculture Economics & Management*, 29(2), 180–206. <https://doi.org/10.1080/13657305.2025.2455423>

Megli, C. J., Carlin, S. M., Giacobe, E. J., Hillebrand, G. H., & Hooven, T. A. (2025). Virulence and pathogenicity of group B *Streptococcus* : Virulence factors and their roles in perinatal infection. *Virulence*, 16(1). <https://doi.org/10.1080/21505594.2025.2451173>

Merrifield, D. L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R. T. M., Bøgdal, J., Castex, M., & Ringø, E. (2010). The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 302(1–2), 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.02.007>

Mishra, A., Nam, G.-H., Gim, J.-A., Lee, H.-E., Jo, A., & Kim, H.-S. (2018). Current Challenges of *Streptococcus* Infection and Effective Molecular, Cellular, and Environmental Control Methods in Aquaculture. *Molecules and Cells*, 41(6), 495–505. <https://doi.org/https://doi.org/10.14348/molcells.2018.2154>

Mohamed, amira, ElAsely, A., Abdel Gwad, E., Abbass, A., & Shaheen, A. (2023). Prevalence of Streptococcosis-related Mortalities in Farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) at Different Life Stages. *Egyptian Journal of Veterinary Sciences*, 54(5), 949–964. <https://doi.org/10.21608/ejvs.2023.207062.1494>

Monteiro, S. H., Garcia, F., Gozi, K. S., Romera, D. M., Francisco, J. G., Moura-Andrade, G. C. R., & Tornisielo, V. L. (2016). Relationship between antibiotic residues and occurrence of resistant bacteria in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in cage-farm. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 51(12), 817–823. <https://doi.org/10.1080/03601234.2016.1208457>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Mo, X.-B., Wang, J., Guo, S., & Li, A.-X. (2020). Potential of naturally attenuated *Streptococcus agalactiae* as a live vaccine in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 518, 734774. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734774>

Naseer, A., Waheed, N., Liaqat, A., Ather, N., Fatima, N., Fatima, E., Iqbal, H. A., Kaleem, A., & Raza, M. S. (2025). Current Execution of Autogenous Vaccine for Health Management in Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) Aquaculture - A Review. *Scholars Academic Journal of Biosciences*, 13(01), 177–189. <https://doi.org/10.36347/sajb.2025.v13i01.018>

O'Flaherty, E., & Cummins, E. (2017). Antibiotic resistance in surface water ecosystems: Presence in the aquatic environment, prevention strategies, and risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(2), 299–322. <https://doi.org/10.1080/10807039.2016.1247254>

Ortega, C., García, I., Irgang, R., Fajardo, R., Tapia-Cammas, D., Acosta, J., & Avendaño-Herrera, R. (2018). First identification and characterization of *Streptococcus iniae* obtained from tilapia (*Oreochromis aureus*) farmed in Mexico. *Journal of Fish Diseases*, 41(5), 773–782. <https://doi.org/10.1111/jfd.12775>

Pau, E. J. J. N., & Yong, C. C. (2025). Input–output analysis of *Streptococcus* disease impact on Malaysian tilapia production and exports. *Aquaculture International*, 33(6), 494. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-02180-9>

Phuoc, N. N., Linh, N. T. H., Crestani, C., & Zadoks, R. N. (2021). Effect of strain and enviromental conditions on the virulence of *Streptococcus agalactiae* (Group B *Streptococcus*; GBS) in red tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture*, 534, 736256. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736256>

Piamsomboon, P., Jantrakajorn, S., Tanpichai, P., & Wongtavatchai, J. (2024). Implementation of formalin-inactivated *Streptococcus agalactiae* vaccine in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* broodstock: Efficient vaccination regime, antibody response, and immune-related genes. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 50(4), 558–565. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.09.006>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original

Pradeep, P. J., Suebsing, R., Sirthammajak, S., Kampeera, J., Jitrakorn, S., Saksmerprome, V., Turner, W., Palang, I., Vanichviriyakit, R., Senapin, S., Jeffs, A., Kiatpathomchai, W., & Withyachumanarnkul, B. (2016). Evidence of vertical transmission and tissue tropism of Streptococcosis from naturally infected red tilapia (*Oreochromis spp.*). *Aquaculture Reports*, 3, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.12.002>

Pudota, B. A., Tambireddy, N., Chennu, R., Chethurajupalli, L., Shaik, H., Nadella, R. K., Chatterjee, N. S., & Paturi, A. P. (2025). Exploring the perspectives of phytobiotics and their role in aquaculture: Present status and future trends. *The Microbe*, 8, 100496. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2025.100496>

Pulido, A., Iregui, C., Figueroa, J., & Klesius, P. (2004). Estreptococosis en tilapias (*Oreochromis spp.*) cultivadas en Colombia. *Aquatic*, 1 (2 0) , 9 7 – 1 0 6 . <https://www.redalyc.org/pdf/494/49402010.pdf>

Queiróz, G. A. de, Silva, T. M. F. e, & Leal, C. A. G. (2024). Duration of Protection and Humoral Immune Response in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Vaccinated against *Streptococcus agalactiae*. *Animals*, 14(12), 1744. <https://doi.org/10.3390/ani14121744>

Resolución No.6535, Pub. L. Resolución No.6535, Instituto Colombia Agropecuario 1 (2 0 2 3) . <https://www.ica.gov.co/getattachment/7e70025e-4aac-4a21-8ab0-2be6dcaa48b6/2023R00006535.aspx>

Rozas-Serri, M., Fernandez-Alarcon, M., Miyoko-Natori, M., Galetti, R., Harakava, R., Cardoso-Guimarães, M., & Ildefonso, R. (2026). *Streptococcus agalactiae* Serotype Ia ST7 CC1 in Farmed Nile Tilapia in Latin America: Age-Dependent Disease Expression and Antimicrobial Susceptibility of an Emerging Clonal Lineage. *Pathogens*, 15(5), 545. <https://doi.org/10.3390/pathogens15050545>

Ruben, M. O., Akinsanola, A. B., Okon, M. E., Shitu, T., & Jagunna, I. I. (2025). Emerging challenges in aquaculture: Current perspectives and human health implications. *Veterinary World*, 15–28. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2025.15-28>

**OPEN ACCESS**

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Sherif, A. H., & Kassab, A. S. (2023). Multidrug-resistant *Aeromonas* bacteria prevalence in Nile tilapia broodstock. *BMC Microbiology*, 23(1), 80. <https://doi.org/10.1186/s12866-023-02827-8>

Sukenda, S., Suhermanto, A., Jr., M. Z., Lusiastuti, A. M., Nuryati, S., & Hidayatullah, D. (2021). VIRULENCE GENE PROFILING AND PATHOGENICITY OF *Streptococcus agalactiae* ISOLATED FROM TILAPIA, *Oreochromis niloticus* FARMS IN INDONESIA. *Indonesian Aquaculture Journal*, 16(2), 119. <https://doi.org/10.15578/iaj.16.2.2021.119-125>

Tavares, G. C., Costa, F. A. de A., Santos, R. R. D., Barony, G. M., Leal, C. A. G., & Figueiredo, H. C. P. (2016). Nonlethal sampling methods for diagnosis of *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 454, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.12.028>

Thiriez, G. (2023). *Streptococcus agalactiae* Ia: duro golpe a Acuacultivos en El Guájar. In *Acuicultores* (pp. 1–50). https://fedecua.org/files/acuicultores_10_compressed_11.pdf

Van Doan, H., Soltani, M., Leitão, A., Shafiei, S., Asadi, S., Lymbery, A. J., & Ringø, E. (2022). Streptococcosis a Re-Emerging Disease in Aquaculture: Significance and Phytotherapy. *Animals*, 12(18), 2443. <https://doi.org/10.3390/ani12182443>

Vásquez-Machado, G., Barato-Gómez, P., & Iregui-Castro, C. (2019). Morphological characterization of the adherence and invasion of *Streptococcus agalactiae* to the intestinal mucosa of tilapia *Oreochromis* sp.: An in vitro model. *Journal of Fish Diseases*, 42(9), 1223–1231. <https://doi.org/10.1111/jfd.13042>

VECOL. (2024a). *BIOLÓGICO AUTÓGENO (AUTOVACUNA) contra Streptococcus agalactiae Serotipos la ST7 y lb en Tilapia (Oreochromis spp)*. <https://www.vecol.com.co/wp-content/uploads/2024/09/FICHA-AUTOVACUNA-TILAPIA.pdf>

VECOL. (2024b). *BIOLÓGICO AUTÓGENO (AUTOVACUNA) contra Weissella tructae en Trucha arcoiris (Oncorhynchus mykiss)*. <https://www.vecol.com.co/wp-content/uploads/2024/09/FICHA-AUTOVACUNA-TRUCHA.pdf>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Vijayaram, S., Chou, C.-C., Razafindralambo, H., Ghafarifarsani, H., Divsalar, E., & Doan, H. Van. (2024). Bacillus Sp. as Potential Probiotics for Use in Tilapia Fish Farming Aquaculture – A Review. *Annals of Animal Science*, 24(4), 995–1006. <https://doi.org/10.2478/aoas-2024-0031>

Waghela, T., Bhatt, V., Dariwala, A., & Saroj, D. (2024). Comparative Study on Impact Assessment of Dead Fish on the Quality Parameters of Fresh and Sea Water. *UTTAR PRADESH JOURNAL OF ZOOLOGY*, 45(15), 25–34. <https://doi.org/10.56557/upjoz/2024/v45i154218>

Wanka, K. M., Damerau, T., Costas, B., Krueger, A., Schulz, C., & Wuertz, S. (2018). Isolation and characterization of native probiotics for fish farming. *BMC Microbiology*, 18(1), 119. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1260-2>

Xia, Y., Wang, M., Gao, F., Lu, M., & Chen, G. (2020). Effects of dietary probiotic supplementation on the growth, gut health and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Nutrition*, 6(1), 69–79. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.07.002>

Yang, Y., Chen, M., Wu, Z., Zhang, D., Lin, H., Wei, X., Han, B., Guo, Z., & Ye, J. (2023). Capsular polysaccharide mediates *Streptococcus agalactiae* to resist Nile tilapia macrophage phagocytosis. *Aquaculture*, 573, 739587. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739587>

Zabidi, A., Yusoff, F. M., Amin, N., Yaminudin, N. J. M., Puvanasundram, P., & Karim, M. M. A. (2021). Effects of Probiotics on Growth, Survival, Water Quality and Disease Resistance of Red Hybrid Tilapia (*Oreochromis* spp.) Fingerlings in a Biofloc System. *Animals*, 11(12), 3514. <https://doi.org/10.3390/ani11123514>

Zhang, D., Ke, X., Liu, Z., Cao, J., Su, Y., Lu, M., Gao, F., Wang, M., Yi, M., & Qin, F. (2019). Capsular polysaccharide of *Streptococcus agalactiae* is an essential virulence factor for infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). *Journal of Fish Diseases*, 42(2), 293–302. <https://doi.org/10.1111/jfd.12935>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original



Zhang, Z., Yu, A., Lan, J., Zhang, H., Hu, M., Cheng, J., Zhao, L., Lin, L., & Wei, S. (2017). GapA, a potential vaccine candidate antigen against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 63, 255–260. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.02.019>



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original