



Reseña

Aditivos inmunoestimulantes en la dieta de especies de tilapias (*Oreochromis ssp.*)

Additives as Immunostimulants in the Diet of Tilapia (*Oreochromis ssp.*)

Yeidel López Zaldivar ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-8577-3149>

Albert Torres Rodriguez ¹ <https://orcid.org/0000-0002-4896-228X>

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey, Cuba.

* Autor para la correspondencia(email): yeidel.lopez94@gmail.com

RESUMEN

Antecedentes: Algunos aditivos alimentarios se han vuelto en la actualidad alternativas a discrepancias tales como la búsqueda de mejores rendimientos manteniéndose dentro de los márgenes productivamente sustentables, orgánicos y ecológicos. De esta manera se incorporan nutrientes y microorganismos a la dieta como una forma alternativa de mejorar la inmunidad de los peces, aprovechando los nutrientes en el alimento y actuando positivamente en el desempeño de los animales. El objetivo del presente trabajo fue recopilar información referente al uso de aditivos inmunoestimulantes en Tilapias (*Oreochromis ssp.*) y su desempeño fisiológico en el organismo.

Desarrollo: Muchos de estos inmunoestimulantes existentes son microorganismos o nutrientes habituales de la dieta como son los polisacáridos, proteínas o lípidos, que suministrados en concentraciones elevadas tienen la capacidad producir un efecto estimulante acelerando la resistencia a las enfermedades mediante mecanismos específicos o inespecíficos de la respuesta inmunológica, convirtiéndose en agentes primarios profilácticos.

Conclusiones: El empleo de aditivos inmunoestimulantes posibilita la prevención de enfermedades comunes en el cultivo de tilapias por medio de la modulación del ambiente intestinal en las diferentes especies del género *Oreochromis* mejorando la respuesta inmune inespecífica y a su vez se favorecen algunos procesos tales como el crecimiento individual, la eficiencia alimenticia y la tolerancia al estrés.

Palabras clave: aditivos, efecto estimulante, tilapias (*Fuente: AGROVOC*)

Como citar (APA)

López Zaldivar, Y., & Torres Rodríguez, A. (2022). Aditivos inmunoestimulantes en la dieta de especies de tilapias (*Oreochromis ssp.*). *Revista de Producción Animal*, 34(3). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4305>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

ABSTRACT

Background: Some diet additives have become alternatives to achieve higher yields within the productively sustainable, organic, and ecological margins. Hence, nutrients and microorganisms can be added to the diet for fish immunity improvements, by using the nutrients in the feed, which lead to a positive animal performance. Accordingly, the aim of this paper was to gather information related to the utilization of additives as immunostimulant in tilapia (*Oreochromis ssp.*), and their physiological performance in the body.

Development: Many of these immunostimulants are microorganisms or habitual nutrients in the diet, such as polysaccharides, proteins or lipids, which at high concentrations are capable of creating a stimulating effect, speeding disease resistance through specific or unspecific mechanisms of immunological response, thus becoming primary prophylactic agents.

Conclusions: The use of additives as immunostimulants helps prevent the occurrence of common diseases in tilapia culture, by modulating the intestinal system in the different species of genus *Oreochromis*, thus enhancing the unspecific immune response, and, in turn, some processes like individual growth, feeding efficiency, and stress tolerance can be favored.

Key words: stimulating effect, additives, tilapia (Source: AGROVOC)

Recibido: 12/11/2022

Aceptado: 21/11/2022

INTRODUCCIÓN

El desarrollo actividad acuícola en las últimas décadas requirió mejoras en los pilares fundamentales de la producción, como son el mejoramiento genético, las buenas prácticas de manejo, la salud, la nutrición y los sistemas productivos. Este hecho, que permitió aumentar la producción de especies como la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en la que la mejora genética permitió que el animal creciera rápidamente, contribuyendo con el aumento del rendimiento del filete, e incluso a una mejor calidad de la carne, estableciéndose una alta demanda de este pescado por parte de los consumidores, debido a la búsqueda de una dieta más equilibrada y con mayor valor nutritivo (Braz, 2022).

La tecnología para el cultivo de tilapia del Nilo es un tema que ha tenido especial atención en los últimos años, pero aún existen áreas clave que necesitan más investigación, como el uso estratégico de aditivos alimentarios en períodos en los que los peces se enfrentarán a condiciones ambientales desfavorables para su desarrollo y por consiguiente presentan afectaciones directas de los agentes etiológicos más comunes (Zambrano, 2021). No obstante, en la actualidad se trabaja en la búsqueda de alternativas que permitan mejorar el rendimiento productivo, mantener el mismo perfil nutricional, disminuir la presencia de estas enfermedades e incrementar el margen

de ganancias económicas orientadas a una producción cada vez más orgánica y sustentable (Costavalo, 2021).

Los aditivos alimentarios como alternativas a estas discrepancias, comúnmente se incorporan a la dieta como una forma alternativa de mejorar la inmunidad de los peces, aprovechando los nutrientes en el alimento y actuando positivamente en el desempeño de los animales. Como ejemplo de este grupo de aditivos se encuentran los probióticos, que sirve de “alimento” para las bacterias probióticas, potenciando su acción en el organismo, y los simbióticos, que es una combinación tanto de prebióticos como de probióticos (Braz, 2022).

Considerando que esta línea de estudio e investigación biotecnológica es potencialmente de gran interés dada la situación de la acuicultura en Cuba, el objetivo de del presente trabajo fue recopilar información referente al uso de aditivos inmunoestimulantes en tilapia (*Oreochromis ssp.*) y su desempeño fisiológico en el organismo.

DESARROLLO

La acuicultura

La acuicultura es una actividad productiva que proporciona desde sus inicios considerables volúmenes de alimento a la población mundial y ha contribuido al desarrollo económico mundial debido a que los escenarios favorecen las poblaciones rurales generando valiosas fuentes de trabajo. En el escenario actual, la mayoría de los países del mundo se generaron impactos y afectaciones negativas debido a la incidencia de la pandemia de COVID-19. La Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) está tratando de evaluar el impacto general de la pandemia, tanto en la producción como en el consumo y el comercio de la pesca y la acuicultura (Gutiérrez, 2021). Aun así, es válido destacar que varios autores refieren textualmente que “los avances científicos de los últimos 50 años han permitido mejorar en gran medida los conocimientos acerca del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, así como la conciencia mundial de la necesidad de gestionarlos de forma sostenible” (Méndez *et al.*, 2021; FAO, 2020).

A lo largo de la historia y sus disímiles circunstancias en el escenario económico, la creciente demanda de alimentos y a pesar de su impresionante incremento productivo en los últimos 40 años de la producción de proteína proveniente de especies acuáticas, derivada de la pesca de captura y de la acuicultura, se ha observado grandes contrastes entre países desarrollados y en desarrollo en cuanto avance tecnológico, eficiencia productiva y reducción de niveles de impacto ambiental (Pérez *et al.*, 2020). Tan *et al.* (2019) en sus estudios ratifican que estas actividades acuícolas “tiene el potencial de contribuir a la economía mundial y satisfacer parte de la creciente demanda de productos del mar en todo el mundo”.

Según autores como Ramírez *et al.* (2018) Aseguran que la acuicultura dulceacuícola cubana, vinculada desde sus inicios a la construcción de embalses y a la introducción de especies exóticas

de alto valor comercial, alcanzó en 1990 el tercer lugar en la producción de peces de agua dulce en América Latina y que durante décadas confeccionaron programas de desarrollo que pretendían un salto cualitativo y cuantitativo en sus niveles productivos. Sin embargo, estas iniciativas rígidamente centralizadas adolecían de estudios integrales de potencialidad y de una visión estratégica del entorno empresarial que permitiera ajustar políticas de desarrollo a las problemáticas reales y complejas del desarrollo social.

En Cuba, la acuicultura de agua dulce está representada en primer lugar por los Ciprínidos, Clarias, seguidos por las Tilapias. Según varios autores el volumen de captura bruta del sector se encuentra oscilando sobre 60.900 ton, incluyendo peces de agua dulce, plataforma marina y mariscos. De ello, la acuicultura tanto intensiva (en estanques) como extensiva (con alevines en los embalses) aporta más de 20 toneladas anuales como promedio, las cuales aún no cubren la demanda interna, ni se acerca al verdadero potencial de la región (Méndez *et al.*, 2018).

Tilapias. Generalidades

La tilapia ha tomado gran importancia en el siglo XXI para la alimentación humana, debido a su período de crecimiento relativamente más corto en relación a otros peces, por presentar alta adaptabilidad a diferentes ambientes de producción y bajo costo. El cultivo de esta especie se ha convertido en uno de los peces más comercializados en el ámbito internacional debido a su carne blanca, de fácil fileteado, con escasas espinas, suave sabor y versatilidad en la cocción. Si se tiene en cuenta el alto déficit proteico de la humanidad y el hecho de que existen mercados suntuarios que demandan productos de bajo contenido de colesterol, el cultivo de tilapia se convierte en una alternativa viable por su alta productividad y la composición nutricional (Méndez *et al.*, 2018).

Algunos autores (Zavala-Leal y Ortega, 2021) plantean que Tilapia es un nombre coloquial que reciben diversas especies de peces de los géneros *Oreochromis* y *Tilapia*, aunque en algunas regiones también son conocidas como Mojarras. Estos peces son dulceacuícolas, cuyo origen proviene de África y Asia, específicamente el cercano oriente. Se ha registrado que desde inicios del siglo XIX se realizaron cultivos de tilapias en África y Asia, particularmente en Malasia. A partir de entonces se desarrolló su proceso de cultivo de manera progresiva.

A partir de los años 70 la producción acuícola ha crecido gradualmente contribuyendo de cierta manera a la estabilidad alimentaria mundial, y de la cual las Tilapias son el segundo conjunto más relevante de peces en el campo mundial luego de las carpas chinas (Opiyo *et al.*, 2019; Andrade, 2021). La tilapia se cultiva en más de 100 países y es la segunda especie de pez más cultivada en todo el mundo en términos de rendimiento de producción. Sin embargo, a pesar de que la tilapia se cultiva fácilmente, crece rápidamente y es relativamente tolerante al estrés ambiental en comparación con otras especies de peces, la incidencia de enfermedades inducidas por bacterias aún ocurre con frecuencia y está aumentando debido al deterioro de la calidad del agua como resultado del cultivo intensivo en la búsqueda de producción de alto rendimiento (Tan *et al.*, 2019; Shourbela *et al.*, 2021).

Sistema inmune. Aspectos generales de la respuesta inmune

La respuesta inmune de los peces óseos está bien desarrollado e integrado, habitualmente funciona con eficiencia, aunque como cualquier otro sistema fisiológico, el sistema inmune de un individuo se ve afectado cuando el estado de salud es deficiente. En términos de una población, cuando las condiciones del medio son adversas, aumentan los riesgos de una infección y se pone en peligro la salud de todo el conjunto de ejemplares. Hay una serie de elementos que influyen en el desarrollo de una buena respuesta, y en algunas ocasiones la deprimen de manera significativa (Andrade, 2021).

En correspondencia con los fundamentos de disimiles autores, Del Barco (2020) refiere que el sistema inmune de los peces es en términos generales muy similar al de los vertebrados superiores, aunque presentan algunas diferencias importantes. La respuesta inmune de todos los vertebrados, incluidos los peces, puede dividirse en dos, la respuesta innata o inespecífica, la cual consiste en una serie de mecanismos filogenéticamente muy antiguos que pueden eliminar los patógenos del organismo o bloquear su entrada de forma inespecífica; y el segundo constituye la denominada respuesta inmune combinada o específica, que puede ser inducida y requiere la presencia de una serie de células que reaccionan específicamente con el antígeno inductor y que son los linfocitos las células fundamentales de este mecanismo.

Los peces al igual que el resto de los organismos vertebrados conservan mecanismos de inmunidad humoral ancestrales de inmunidad natural o innata. Algunos de estos mecanismos es la capacidad de producir algunos péptidos antimicrobianos, enzimas proteolíticas, proteínas de fase aguda y del sistema complemento. Por otro lado, a diferencia de los invertebrados, a partir de los peces se pueden identificar células clásicas de inmunidad innata, como son monocitos/macrófagos, neutrófilos y eosinófilos; las cuales tienen mecanismos de acción similares a las caracterizadas en mamíferos, como son la fagocitosis, exocitosis de péptidos y otros mediadores, así como liberación de trampas extracelulares de neutrófilos (Dawood *et al.*, 2020).

Además de los tejidos y órganos con funciones específicas en cuanto a la quimiotaxis, los peces poseen otros mecanismos para la defensa. Por lo que Cavalcante *et al.* (2020) citan que la microbiota intestinal juega un papel importante en el sistema inmunológico, modulando la maduración del Tejido Linfoide Asociado al Intestino, y esta superficie actúa como la primera línea de defensa frente a la invasión de patógenos por medio de linfocitos B y T, macrófagos, células dendríticas y caliciformes, granulocitos y mastocitos con gránulos eosinófilos.

Si se analiza, en la actualidad las herramientas con las que se cuenta para explotar dichos mecanismos de una manera eficiente se realiza por medio de la profilaxis y bioestimulación. Es notable que la que la variabilidad de los agentes etiológicos es superior, por lo que entre los factores limitantes de las producciones acuícolas está la carencia de herramientas inmunoterapéuticas profilácticas que reduzcan el efecto de enfermedades en los diferentes cultivos, que favorezcan no solo las funciones del sistema inmunológico, sino también los factores metabólicos, tasa de crecimiento y sean amigables con el medio ambiente (Méndez *et al.*, 2021).

Sistema inmune innato

A diferencia de los invertebrados, en los peces se pueden identificar células clásicas de inmunidad innata, como: monocitos/macrófagos, neutrófilos y eosinófilos; las cuales tienen mecanismos de acción similares a las caracterizadas en mamíferos, como son la fagocitosis, exocitosis de péptidos y otros mediadores, así como liberación de trampas extracelulares de neutrófilos (Girón y Toledo, 2019). Además de esto, Braz (2022) afirma que el intestino puede actuar como la primera barrera contra las infecciones causadas por patógenos, debido a que existe una comunidad microbiana compuesta por bacterias aerobias y anaerobias facultativas y/u obligatorias, que colaboran para fortalecer el sistema inmunológico, además de ser el lugar donde se concentran la mayoría de los nutrientes, iones y agua de la dieta, y los productos de la digestión se mantienen en solución, lo que facilita la absorción.

Sistema inmune adaptativo

La segunda línea de defensa como en cualquier vertebrado es la inmunidad adaptativa; aun cuando los peces no poseen médula ósea o nodos linfoides, el timo, el riñón y el bazo asumen este papel. La inmunidad adaptativa puede ser dividida en celular y humoral, y es dependiente en gran medida de linfocitos T y B respectivamente (Andrade, 2021).

Factores causantes de afecciones en el cultivo de tilapias

Como en el resto de los países, en Cuba las tilapias se cultivan en sistemas intensivos y semi-intensivos generalmente en aguas fluviales donde los requerimientos nutricionales son satisfechos con dietas artificiales y otros aditivos locales, pero debido a las condiciones de cultivo como las altas densidades de siembra y limitada calidad de agua. Conocido esto, se promueve que los organismos se encuentran sujetos a estrés constante que se traduce en bajas tasas de crecimiento, ineficiencia alimenticia y bajas supervivencias (Méndez *et al.*, 2021).

Para Cuba como para todos los países que manejan Tilapias, el cultivo intensivo se considera el enfoque más apropiado, aunque los peces intensificados pueden estresarse por el deterioro de la calidad del agua, la hipoxia, la infección bacteriana, etc. Esto, a su vez, suprime el sistema inmunológico y aumenta el riesgo de su cultivo bajo estas condiciones (Abdel *et al.*, 2019).

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

ADITIVOS INMUNOESTIMULANTES

Impacto fisiológico de los aditivos inmunoestimulantes

Muchos de los inmunoestimulantes existentes son nutrientes habituales de la dieta como son los polisacáridos, proteínas o lípidos, que suministrados en concentraciones elevadas tienen la capacidad de producir un efecto estimulante. Estos aditivos estimulan algunos mecanismos fisiológicos que aceleran la resistencia a las enfermedades mediante mecanismos específicos o inespecíficos de la respuesta inmunológica, convirtiéndose en agentes primarios profilácticos, por lo que las limitaciones dentro de la inmunoestimulación dependen del estado de desarrollo del (sistema inmunológico), asociados a organismos blancos (Costavalo, 2021).

A lo largo de la historia y los disímiles sistemas de cría de animales, los aditivos han ocupado un papel importante en las dietas de los mismos. Tradicionalmente, los antibióticos y los productos químicos se han usado comúnmente para tratar o prevenir brotes de enfermedades en especies de peces de cultivo. Sin embargo, el abuso de antibióticos y productos químicos ha llevado a la rápida propagación de patógenos resistentes a los medicamentos en ambientes acuícolas y antibióticos residuales en productos acuáticos. Además, el uso de antibióticos como medidas profilácticas y terapéuticas provoca disbiosis intestinal e induce poblaciones bacterianas resistentes en los peces que puede resultar en una reducción del metabolismo de los nutrientes, la inmunidad y la resistencia a las enfermedades (Tan *et al.*, 2019).

Actualmente ya existen restricciones para el uso de los antibióticos, evitando así perjudicar la producción acuícola y la salud humana como efecto directo. Como alternativa a la problemática varios estudios desarrollados se dedican al reconocimiento de nuevos aditivos y a evaluar la viabilidad del uso de prebióticos y probióticos en la dieta. Estos aditivos cuando se suministran en las cantidades correctas mejoran la salud de los organismos obteniendo una mayor producción (Tachibana *et al.*, 2020; Alvarenga, 2021).

Méndez *et al.* (2021) en sus notas conceptualizan el criterio de que “el uso de bioestimulantes en dietas para peces es una estrategia prometedora para reducir el uso de antibióticos, potenciar la respuesta bioquímica e inmune, lo cual contribuye a mejorar rendimientos productivos y disminuir las pérdidas económicas”. Cavalcante *et al.* (2020) en la misma tendencia investigativa, fundamentan detalladamente que la asociación de tecnologías aplicadas a la nutrición y el mantenimiento de la salud animal está bien aceptada en la acuicultura dado que los estudios modernos demuestran la clara evidencia de la capacidad de los nutrientes y los aditivos alimentarios para estimular la inmunidad de los peces y protegerlos contra los patógenos más comunes en el cultivo.

El uso de estos aditivos inmunoestimulantes se asocia a una mejora de la inmunidad inespecífica, un incremento en la resistencia a las enfermedades y el favorecimiento del crecimiento de los animales. Dentro de este término de forma general incluyen agentes químicos, componentes bacterianos, polisacáridos, extractos de animales o de algas, factores nutricionales, citoquinas, entre otros. Dentro de los más utilizados en acuicultura se encuentran los β -glucanos, los lipopolisacáridos y se incluyen también las bacterias con propiedades beneficiosas, denominadas probióticos (Gutiérrez, 2021).

La adición de componentes beneficiosos a las dietas juega un papel importante en la manipulación de la microflora intestinal responsable de mantener una buena salud del individuo y la salud de estos microbios está directamente influenciada por la ingesta de prebióticos. Se notifica que ingredientes funcionales como probióticos, y prebióticos mejoran el crecimiento, la eficiencia alimenticia, la tolerancia al estrés, la resistencia a enfermedades y el estado de salud de los peces y, por lo tanto, en la actualidad se utilizan cada vez más en la industria de alimentos acuícolas (Ali y El-Feky, 2019).

Gutiérrez (2021) certifica que los cambios de temperatura, el manejo, el estrés, y las altas densidades en el cultivo pueden suprimir el sistema inmune innato o inespecífico de los peces mientras que los aditivos alimentarios y los inmunoestimulantes pueden mejorar su eficiencia notablemente. Debido a esto, existe un gran interés en desarrollar aditivos alimentarios naturales para superar las dificultades previstas y mantener una piscicultura ecológica en los centros encargados de su explotación. Es imperativo mejorar la calidad del alimento mediante el uso de estos aditivos naturales capaces de apoyar el crecimiento, la salud, la inmunidad y la productividad de los peces (Abdel et al., 2019).

Los Probióticos

Según las definiciones de varios autores (Pérez *et al.*, 2020; Gutiérrez, 2021) los probióticos son agentes microscópicos estudiados desde la segunda mitad del siglo pasado con aportes relevantes que llevaron sus usos preventivos y terapéuticos hasta lo que son hoy en día. El término probiótico, se deriva del griego “*pro*” y “*bios*” dos vocablos que significan “*para la vida*”. Fue introducido por primera vez en 1965 definido como “*sustancias secretadas por un microorganismo que estimula el crecimiento de otro*”. A partir de esta definición, con el paso de los años, el término fue adquiriendo un significado más amplio que posteriormente se ajusta dándole el sentido como lo conocemos en la actualidad, “*organismos y sustancias que contribuyen al equilibrio microbiano intestinal*”.

El enorme potencial de los probióticos como promotores de la salud de los peces se basa en sus múltiples mecanismos de acción, tales como la competencia con patógenos por los sitios de adhesión, la producción de sustancias antimicrobianas en el lumen gastrointestinal para prevenir el crecimiento de microorganismos patógenos oportunistas, competencia por nutrientes que son esenciales para el crecimiento de patógenos y estimulación del sistema inmunológico de los huéspedes. Entre las numerosas acciones defensivas de los probióticos para la salud de los peces, el papel de los probióticos en la modulación del sistema inmunológico a través de la acción de las citoquinas es uno de los mecanismos más comunes (Tan *et al.*, 2019).

Los probióticos actúan bajo diferentes modos de acción anteriormente descritos, pero es necesaria la valoración de su capacidad para estimular la respuesta inmunológica innata o inespecífica a través de la modulación de respuestas inmunes humorales e inhibir el crecimiento de otros microbios patógenos como estrategia para la profilaxis en peces óseos. Estos microorganismos son capaces de producir sustancias o compuestos inhibidores, fundamentalmente sustancias

químicas que pueden ser tóxicas/bactericidas o inhibidoras/bacteriostáticas hacia otros microorganismos, como el peróxido de hidrógeno, las bacteriocinas, las lisozimas y otros compuestos de la misma naturaleza. Los compuestos inhibidores son capaces de suprimir o incluso llegar a eliminar patógenos muy comunes y atípicos. Algunas de estas bacterias benéficas producen ácidos orgánicos y ácidos grasos volátiles (ácidos láctico, acético, butírico y/o propiónico), que reducen el pH en el tracto gastrointestinal y, por tanto, inhiben la proliferación de patógenos oportunistas (Xia *et al.*, 2020; Gutiérrez, 2021).

Basado en estos hallazgos, algunos especialistas (Pérez *et al.*, 2020) han logrado demostrar que muchos de estos compuestos antimicrobianos sintetizados y excretados por los probióticos son antibióticos, ácidos grasos de cadena corta (fórmico, acético, propiónico, butírico y láctico), peróxido de hidrógeno, sideróforos (compuestos quelantes) de hierro, enzimas bacteriolíticas (lisozima), proteasas, amilasas, compuestos antimicrobianos tipo bacteriocina (BLIS), y bacteriocinas. Aunque también existen otros metabolitos poco estudiados con alta actividad antimicrobiana. Los mecanismos de acción que se le atribuyen a los probióticos son dos fundamentales: 1) la síntesis de moléculas antibacterianas como las bacteriocinas y 2) la exclusión competitiva, bien mediante la inhibición de la adhesión a las células epiteliales intestinales (CEIs) de bacterias potencialmente patógenas o bien bloqueando la unión de toxinas.

A lo largo de los años y evolución del conocimiento científico los probióticos que comúnmente han sido utilizados en acuicultura pertenecen a distintos grupos, y generalmente son bacterias ácido lácticas o cepas bacterianas que pertenecen a los géneros *Vibrio*, *Bacillus* y *Pseudomonas*. Igualmente, aunque con menor interés, se describen los géneros *Aeromonas*, *Alteromonas* y *Flavobacterium* al igual que algas unicelulares y levaduras (Gutiérrez, 2021). Otros autores refieren la popularidad y eficiencia en este aspecto de géneros más comunes que se derivan de la leche, el queso u otras fuentes terrestres, tales como *Bacillus spp.* Y *Lactobacillus spp.* (Van *et al.*, 2018, Waiyamina *et al.*, 2020).

Prebióticos

Los prebióticos por lo general sustratos de hidratos de carbono de muy baja digestibilidad, como los oligosacáridos o la fibra dietética, que contribuyen a la proliferación de bacterias en la flora intestinal de los animales, lo que redundará en una mejora de la salud y de las respuestas productivas, además de actuar estrechamente con los probióticos, constituyendo así el alimento de las bacterias probióticas ya que no son degradadas por acción directa del tracto digestivo (Mariluz, 2020; Alvarenga, 2021; Braz, 2022; Wee *et al.*, 2022).

Triviño (2020) aborda el término prebiótico refiriéndose a los ingredientes de los alimentos no digeribles que producen efectos beneficiosos sobre el huésped estimulando selectivamente el crecimiento y/o actividad de un tipo o de un número limitado de bacterias en el colon. Esta definición se solapa en parte con la definición de fibra dietética, aunque añade la selectividad de los prebióticos sobre ciertos microorganismos en concreto. Un prebiótico es un ingrediente fermentado selectivamente que permite cambios específicos, en la composición y/o actividad en

la microflora gastrointestinal, que promueve el bienestar y la salud del individuo; para que un ingrediente alimentario sea considerado como prebiótico debe cumplir con tres criterios principales, inicialmente la resistencia a la acidez gástrica, a la hidrólisis por enzimas de mamíferos y a la absorción gastrointestinal; seguido de la fermentación por microflora intestinal; y por último la estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de aquellas bacterias intestinales que contribuyen a la salud y el bienestar.

Según la caracterización de Anacona (2021) los prebióticos pueden ser considerados como un suplemento dietético beneficioso para mejorar el rendimiento del crecimiento, mejora de las actividades de enzimas digestivas, impulsaron las respuestas inmunes y el aumento de la resistencia al estrés. Se definen además como un compuesto no digerible que, a través de su metabolización por microorganismos en el intestino, modula la composición y/o actividad del microbiota intestinal, lo que confiere un efecto beneficioso en el hospedero como mejora del crecimiento y eficiencia de la alimentación.

Son carbohidratos que se clasifican según su tamaño molecular, pudiendo ser monosacáridos, polisacáridos u oligosacáridos. Algunos ejemplos de prebióticos utilizados son la inulina o β -glucano, fructooligosacáridos (FOS), oligofruktosa, xilooligosacárido. Su principal función consiste en el cambio potencial de la comunidad bacteriana intestinal a una dominada por bacterias beneficiosas, lo que favorece la inhibición de la colonización de organismos patógenos. El uso de prebióticos en acuicultura es muy reciente si lo comparamos con estudios realizados en otras especies terrestres. Estas sustancias como refieren diversas literaturas, no se digieren, pero establecen esos cambios en la microbiota gastrointestinal, modifican su composición o actividad, con el fin de mejorar la salud general del hospedador (Gutiérrez, 2021).

La mayor parte de estos efectos de los prebióticos sobre la inmunidad son indirectos, ya que no requieren de la respuesta específica a un antígeno, y los efectos que produce se atribuyen a ese cambio en el microbiota, favoreciendo la inmunidad inespecífica frente a una gran variedad de patógenos. Estos ejercen su acción a través de la modulación de la composición del microbiota intestinal, de esta forma estimulan el crecimiento de bacterias beneficiosas reportadas en peces, moluscos y crustáceos, como *Lactobacillus* mientras que limita la presencia de bacterias potencialmente patógenas, como *Vibrio*, *Aeromonas* y *Streptococcus*. En lo referente a la modulación del sistema inmune, se pueden considerar indirectos porque son mediadores de cambios en la composición y/o actividad del microbiota intestinal (Anacona, 2021).

Entre los prebióticos más usados con eficacia en la acuicultura como inmunoestimulantes según los apuntes de Dawood *et al.* (2020) son el β -glucano, los fructooligosacáridos y los mananoligosacáridos. El β -glucano ha mostrado un rendimiento inmunológico prometedor, favoreciendo la fagocitosis, la producción de aniones superóxido y la actividad de la lisozima. El uso de dietas enriquecidas con BG es una práctica económica que pueden adoptar tanto los piscicultores a pequeña como a gran escala y puede ofrecer numerosos beneficios, desde aumentar el crecimiento de los peces hasta aumentar las respuestas inmunitarias.

Simbióticos

Expuestos los conceptos de probióticos y prebióticos se debe definir qué es un simbiótico, estos son productos en los cuales los componentes prebióticos favorecen a los componentes probióticos. La administración de simbióticos beneficia a las cepas suministradas dándoles mayores oportunidades para la colonización y supervivencia en el sistema digestivo del hospedero. Así también, diversos efectos benéficos sobre la biota intestinal, suscitan la liberación de ácidos grasos volátiles de cadena corta y realiza una acción protectora mediante la inhibición de microorganismos patógenos. En términos generales la aplicación de estos aditivos en la acuicultura se relaciona con el control biológico de enfermedades infecciosas y mejoras en la calidad del agua del sistema, también se evidencia animales con mejor desempeño, mayor actividad enzimática y que responden favorablemente al estrés (Alvarenga, 2021; Prieto, 2021).

Cavalcante *et al.* (2020) afirman que el uso combinado de probióticos y prebióticos, denominados simbióticos, pueden mejorar las tasas de supervivencia y la modulación del microbiota intestinal y que en general, el efecto positivo de usar dos o más aditivos alimentarios da como resultado tres patrones: aditividad, sinergismo o potenciación. De esta forma la acción de las bacterias probióticas puede verse incrementada por los prebióticos, debido al aporte de este componente para su crecimiento, metabolismo y activación.

Al utilizar un aditivo simbiótico en la dieta animal, permite el incremento de bacterias probióticas en el intestino del huésped, lo que a su vez controla las bacterias patógenas, mejorando el sistema inmunológico y la utilización de nutrientes. Esta asociación contribuye a una mayor digestión enzimática por parte del huésped, además de incrementar la producción de ácidos acético, láctico y butírico (productos de fermentación de bacterias prebióticas y probióticas) y la activación del sistema inmunológico innato. Esta mezcla puede ejercer sus efectos de manera competitiva con los patógenos, modulando el ambiente intestinal, la respuesta inflamatoria e inmune (Braz, 2022).

Estudios recientes sobre simbióticos infieren una mayor digestión enzimática de huésped, la producción de ácidos acético, láctico y butírico (productos de fermentación de prebióticos por bacterias probióticas) y activación del Sistema inmune innato. Por lo tanto, según los argumentos de algunos especialistas, desde 2012 la mayor tendencia de la aplicación de simbióticos en la acuicultura se ha correlacionado con efectos positivos en el rendimiento del crecimiento (p. ej., crecimiento, aumento de peso) y efectos inmunoestimulantes. Por ejemplo, el probiótico comercial DBA® está compuesto por las especies bacterianas *Bifidobacterium spp.*, *Lactobacillus acidophilus* y *Enterococcus faecium* que pueden promover varios efectos beneficiosos, como la producción de bacteriocinas que pueden actuar contra patógenos resistentes a los antimicrobianos, estimulación de la inmunidad innata, demostrado por una mayor actividad mieloperoxidasa del huésped y promoción del crecimiento (Cavalcante *et al.*, 2020).

Conocer los diferentes y complejos mecanismos inmunológicos inespecíficos que poseen los peces óseos, especialmente las especies comerciales del género *Oreochromis* enfocadas en los intereses alimentarios en Cuba y el mundo, nos posibilita explorar eficientemente las opciones

que ofrece su fisiología. Dichos mecanismos al ser optimizados por medio de aditivos inmunoestimulantes puede generar un impacto positivo en el cultivo de dichas especies por evidenciar mejoras en la eficiencia y los rendimientos.

CONCLUSIONES

El empleo de aditivos inmunoestimulantes posibilita la prevención de enfermedades comunes en el cultivo de tilapias por medio de la modulación del ambiente intestinal, mejorando la respuesta inmune inespecífica.

El crecimiento individual, la eficiencia alimenticia y la tolerancia al estrés se favorecen con el empleo de los aditivos inmunoestimulantes, debido al equilibrio microbiano intestinal que estos producen en las diferentes especies del género *Oreochromis*.

REFERENCIAS

- Abdel, M., Razek, N. A., & Abdel, A. M. (2019). Immunostimulatory effect of dietary chitosan nanoparticles on the performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Fish y Shellfish Immunology*, 88, 254-258. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050464819301378>
- Ali, B. A., & El-Feky, A. (2019). Enhancing growth performance and feed utilization using prebiotics in commercial diets of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 22(1), 219-225. https://journals.ekb.eg/article_76355_24b0c115ed19d6447cce195ce1449692.pdf
- Alvarenga, M. A. (2021). *Desempeño productivo de la tilapia gris (Oreochromis niloticus) en etapa de pre-engorde con alimento balanceado bioestimulado* (Tesis de Pregrado) Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7028>
- Anacona, H. D. (2021). Efecto del alimento enriquecido con prebiótico y probióticos en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de Tilapia Roja *Oreochromis spp.* <http://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80030>
- Andrade B. G. (2021) Modulación de la respuesta inmune en juveniles de Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*) con inclusión de β -glucano en dieta Tesis de Pregrado) Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6564>

López Zaldivar, Y., Torres Rodriguez, A.

- Braz, J. M. (2022). *Prebióticos, probióticos e simbióticos em dietas de juvenis de tilapias do Nilo* (Tesis de Pregrado) Universidad de Federal Da Grande Dourados, Brazil. Recuperado de <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/4966>
- Cavalcante, R. B., Telli, G. S., Tachibana, L., De Carla, D., Oshiro, E., Natori, M. M., & Ranzani, M. J. (2020). Probiotics, prebiotics and synbiotics for Nile tilapia: Growth performance and protection against *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture Reports*, 17, 100343, 1-8. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513420300016>
- Costavalo, J. A. (2021). *Composición química y enzimas digestivas en juveniles de tilapia roja (Oreochromis mossambicus x Oreochromis niloticus) alimentados con β -glucano* (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6554>
- Dawood, M. A., Metwally, A. E., El-Sharawy, M. E., Atta, A. M., Elbially, Z. I., Abdel-Latif, H. M., & Paray, B. A. (2020). The role of β -glucan in the growth, intestinal morphometry, and immune-related gene and heat shock protein expressions of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) under different stocking densities. *Aquaculture*, 523 (735205), 1-12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004484862030020X>
- Del Barco, K. (2020). *Inclusión del quitosano en la alimentación de alevines de tilapia roja (Oreochromis spp.)* (Tesis de Pregrado) Universidad Técnica Estatal De Quevedo, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5083>
- FAO (2020). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- Girón, M. I., & Toledo, G. A. (2019). Filogenia del Sistema Inmune. *CONACYT*. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/2407>
- Gutiérrez, A. I. (2021). Nuevas cepas probióticas para acuicultura (Tesis de Doctorado) Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/107929/1/Tesis%20Ana%20Isabel%20Guti%C3%A9rrez%20Falc%C3%B3n%20sin%20firmas.pdf>
- Mariluz, A. A. (2020). *Uso de prebióticos como promotores del crecimiento en el cultivo de alevines de truchas Arco Iris (Oncorhynchus mykiss)*. Universidad Nacional Del Callao, Perú. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5485>
- Méndez, Y. Y., Pacheco, G. K., Del Barco, K. A., Torres, Y. G., & Hernández, M. P. (2021) Respuesta bioquímica e inmune en tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) con suplementación de quitosano en dieta. *Rev. Fac. Agron*, 38(4), 1017-1035. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n4.15](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n4.15)

- Méndez, Y. Y., Pérez, Y., Torres, Y. Y., & Reyes, J. J. (2018). Estado del arte del cultivo de tilapia roja en la mayor de las Antillas. *Biotecnia*, 20(2), 15-24. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/593>
- Opiyo, M. A., Jumbe, J., Ngugi, C. C., & Charo, H. (2019). Different levels of probiotics affect growth, survival and body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in low input ponds. *Scientific African*, 4, e00103, 1-7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227619306647>
- Pérez-, M. D., Álvarez, Y., Soriano, J., & Pérez, M. A. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión. *Hidrobiológica*, 30(1), 93-105. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972020000100093yscript=sci_arttext
- Prieto, I. (2021). Evaluación de la inclusión de simbióticos de bacterias ácido-lácticas y microalgas hidrolizadas en piensos para dorada (*Sparusaurata*) (Tesis Doctoral) Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13728/PRIETO%20MARQUEZ%2C%20INMACULADA.pdf?sequence=1>.
- Ramírez, P. E., Veloz, E. E., & Miranda, R. (2018). Estudio estratégico para el desarrollo sostenible de la acuicultura de agua dulce en Camagüey. *Revista de Producción Animal*, 30(1), 58-65. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-79202018000100009yscript=sci_arttextylng=en
- Shourbela, R. M., El-Hawarry, W. N., Elfadadny, M. R., & Dawood, M. A. (2021). Oregano essential oil enhanced the growth performance, immunity, and antioxidative status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under intensive systems. *Aquaculture*, 542, 736868. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736868>.
- Tachibana, L., Telli, G. S., de Carla Dias, D., Goncalves, G. S., Ishikawa, C. M., Cavalcante, R. B., ...& Ranzani-Paiva, M. J. T. (2020). Effect of feeding strategy of probiotic *Enterococcus faecium* on growth performance, hematologic, biochemical parameters and non-specific immune response of Nile tilapia. *Aquaculture Reports*, 16, 100277. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100277>.
- Tan, H. Y., Chen, S. W., & Hu, S. Y. (2019). Improvements in the growth performance, immunity, disease resistance, and gut microbiota by the probiotic *Rummelii bacillusstabeckisii* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish y Shellfish Immunology*, 92, 265-275.
- Triviño, K. L. (2020). *Evaluación del prebiótico Citromarine® en primeras etapas de crecimiento de alevinos de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss)* (Tesis de Pregrado) Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/18667>

López Zaldivar, Y., Torres Rodriguez, A.

- Van, H., Hoseinifar, S. H., Khanongnuch, C., Kanpiengjai, A., Unban, K., y Srichaiyo, S. (2018). Host-associated probiotics boosted mucosal and serum immunity, disease resistance and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 491, 94-100. <https://10.1016/j.aquaculture.2018.03.019>
- Waiyamitra, P., Zoral, M. A., Saengtienchai, A., Luengnaruemitchai, A., Decamp, O., Gorgoglione, B., & Surachetpong, W. (2020). Probiotics modulate tilapia resistance and immune response against tilapia lake virus infection. *Pathogens*, 9(11), 919. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110919>.
- Wee, W., Hamid, N. K. A., Mat, K., Khalif, R. I. A. R., Rusli, N. D., Rahman, M. M., ... & Wei, L. S. (2022). The effects of mixed prebiotics in aquaculture: A review. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.02.005>
- 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>
- Zambrano, L. A. (2021). *Prebióticos na alimentação da tilápia-do-tilosobbaixa temperatura: desempenhoproductivo, respostas fisiológicas e morfologia intestinal* (Master's thesis), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brazil. <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/26045>
- Zavala-Leal, O. I., y Ortega, J. R. F. (2021). Tilapias: de la introducción a la producción, desarrollo económico de su cultivo en México. *Acta Pesquera*, 7(14), 58-64. <http://cimateuan.education/revistav2/index.php/AP/article/view/97>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: YLZ, ATR; análisis e interpretación de los datos: YLZ, ATR; redacción del artículo: YLZ, ATR.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.