

Beneficios de la utilización de probióticos como parte de la alimentación simbiótica en sistemas de producción acuícola.

Profits of the use of probiotics as part of symbiotic feeding in aquaculture production systems.

Nicolas Bonilla Contreras.

nbonillac@ucundinamarca.edu.co

Jhonier Quimbayo Montaña.

jquimbayom@ucundinamarca.edu.co

Resumen

El objetivo del presente trabajo es generar una revisión científica del uso de probióticos en sistemas de producción acuícola como parte de programa de alimentación simbiótica con la finalidad identificar los benéficos en desempeño productivo, eficiencia alimentar, mortalidad, calidad de agua y densidad. Para el desarrollo de este manuscrito se realizó una previa revisión de literatura científica basado principalmente en artículos de investigación publicados en revistas indexadas nacionales e internacionales, siendo estas referencias en su mayoría publicadas con un rango de vigencia no superior a 10 años. Cuando se evaluó el efecto de la utilización de probióticos en los diferentes sistemas de producción acuícola no se observó diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en comparación a los sistemas convencionales sin utilización de probióticos en cuanto a ganancia de peso y conversión alimentar. La implementación de probióticos como parte de la alimentación simbiótica en sistemas de producción acuícola no genera aumento en el desempeño productivo, eficiencia alimentar, mortalidad, calidad de agua y densidad animal por m^3 .

Palabras claves: Crecimiento, densidad, nutrición, simbiosis.

ABSTRACT

The objective of this work is to generate a scientific review of the use of probiotics in aquaculture production systems as part of the symbiotic feeding program in order to identify the benefits in productive performance, feed efficiency, mortality, water quality and density. For the development of this manuscript, a previous review of scientific literature was carried out, based mainly on research articles published in national and international indexed journals, most of these references published with a validity range of no more than 10 years. When the effect of the use of probiotics was evaluated in the different aquaculture production systems, no statistical differences were found ($P > 0.05$) compared to the systems used without the use of probiotics in terms of weight gain and feed conversion. The implementation of probiotics as part of symbiotic feeding in aquaculture production systems does not generate an increase in productive yield, feed efficiency, mortality, water quality and density.

Keywords: Growth, density, nutrition, symbiosis.

Introducción

La industria de la acuicultura se ha desarrollado como tal en Colombia a partir de la década de los setenta y para aquel entonces se desconocían los requerimientos nutricionales de las especies potencialmente cultivables. Hoy día se han acumulado numerosas experiencias que se han traducido en una inobjetable mejoría de los alimentos disponibles y de las técnicas de alimentación. No obstante, durante mucho tiempo se responsabiliza de manera un poco apresurada a los fabricantes de alimentos por los fracasos habidos debido a que, al momento de un corte de cuentas, éste es el único sector que siempre resulta ganancioso por la venta efectuada de sus productos (1).

La acuicultura en Colombia se ha desarrollado positivamente en zonas como la costa y en el interior del país, esto gracias a la variedad climática que nos ofrece el territorio colombiano, en zonas donde los recursos y los ecosistemas han permitido adelantar el cultivo de especies hidrobiológicas (2).

Para cumplir con la subsistencia y rendimiento de un sistema acuícola es indispensable contar con un buen plan de alimentación lo que actualmente se ha visto afectado debido al incremento de los precios de los alimentos, irregularidad en el suministro y escasez de los mismos, perjudicando al sector

acuícola, de allí la necesidad en la búsqueda de alimento alternativo para la producción en el campo agropecuario enfatizando principalmente en la utilización de recursos naturales disponibles lo que constituye un aspecto importante; debido a que uno de los mayores desafíos ha sido el de encontrar fuentes de proteínas de fácil adquisición (3).

Teniendo en cuenta ese déficit en alimentación, la utilización de probióticos se presenta como una estrategia viable por ser microorganismos vivos que confieren beneficios a la salud del huésped, que, al ser ingeridos en cantidades adecuadas, proporcionan acción protectora contra patógenos y beneficios nutricionales. Al utilizarlos en la alimentación animal las preparaciones de probióticos pueden ser administradas inmediatamente después del nacimiento de los animales o en periodos en los que el productor espera la aparición de enfermedades a modo preventivo o mezcladas con el alimento por periodos de tiempo largo. Los microorganismos pueden ser ingeridos mediante su adición en el agua o el alimento (4).

La industria de la acuicultura se ha venido desarrollando rápidamente en todo el mundo en los últimos 30 años, la presencia de enfermedades infecciosas es inevitable debido a las intensas condiciones de cultivo, lo que genera enormes pérdidas económicas en este sector. Los peces son muy susceptibles a una variedad de enfermedades letales causadas por diferentes tipos de agentes bacterianos, fúngicos, virales y parasitarios. El uso de antibióticos para controlar las enfermedades infecciosas en la acuicultura puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud pública, por esta razón, los probióticos se han venido aplicando ampliamente para el control de enfermedades en peces, ya que son más amigables con el medio ambiente (5). Las tendencias en desarrollo en su aplicación prevista se revisan a continuación. y el uso de probióticos como alimentos funcionales para la acuicultura de peces ofrece perspectivas prometedoras (6). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo es generar una revisión científica del uso de probióticos en sistemas de producción acuícola como parte de programa de alimentación simbiótica con la finalidad identificar los beneficios en desempeño productivo, eficiencia alimentar, mortalidad, calidad de agua y densidad.

¿Qué es la alimentación simbiótica?

La simbiosis está definida como la agrupación de diferentes organismos de especies diferentes para favorecer y generar beneficios mutuos para todas las especies involucradas. Para el caso de la alimentación simbiótica aplicada a sistemas de producción acuícola, los microorganismos probióticos asimilarán las heces de los peces, restos de alimento y sustancias tóxicas como amonio y amoniaco, todas estas sustancias servirán para que bacterias y hongos crezcan y generen productos beneficiosos en el agua de cultivo (mayor oxigenación, reducción de niveles de materia orgánica, producción de bioflóculos, menor tasa de recambio) siendo a la vez estos microorganismos fuentes de alimentación de peces y camarones (7).

Tipos y aplicación de esquemas simbióticos

Los esquemas de alimentación simbiótica se empezaron a emplear en el 2018 cuando se comenzaron a realizar pruebas de aplicación de la tecnología simbiótica híbrida BAF (Bioaquafloc) en estanques de Centroamérica con extraordinarios resultados, entre los que se encuentran la reducción de costos de producción, cero recambios de agua, disminución del factor de conversión del alimento y disminución drástica de afección por enfermedades (8).

Tabla 1. Sistemas de cultivos simbióticos.

SISTEMAS DE CULTIVOS SIMBIÓTICOS	
Sistema súper intensivo simbiótico	Sistema semi intensivo simbiótico
— Densidad de siembra alta.	— No existe Toilet.
— Asistencia continua de oxígeno.	— No hay aireación asistida.

— Abundante alimento.	— Descenso de oxígeno disuelto en horas nocturnas.
— Reciclado constante de sustancias tóxicas y residuos del agua.	— La evaporación obliga a realizar recambios parciales regulares.
— La acuicultura simbiótica es una tecnología súper intensiva puesto que todos esos requisitos los lleva a cabo los bioflóculos.	— La acuicultura simbiótica aportará enzimas como celulasas que controlarán la población de microalgas evitando eventos de anoxia en la noche.

Fuente: Elaboración propia.

La contaminación de los ecosistemas y el aumento de la frecuencia de aparición de enfermedades, etc. En los últimos años, el desarrollo continuo de la tecnología de secuenciación de alto rendimiento ha revolucionado las ciencias biológicas y ha proporcionado las herramientas necesarias (6). El objetivo principal de las tecnologías simbióticas es dar beneficio tanto al productor como al consumidor y que ambos sectores estén en completa conformidad. Hay dos tipos de tecnologías biofloc y Aquamimicry.

Biofloc: Es una tecnología simbiótica que permite el cultivo de organismos acuáticos en un ambiente dominado por microorganismos (9).

Aquamimicry: La palabra Aquamimicry proviene de “Aqua” que significa agua, y “Mimicry” que significa imitar. Es la tecnología acuícola por la que se emula o se imita las condiciones del medio natural respecto de los microorganismos presentes en el agua. Se basa en la generación de microorganismos y que sirven de alimento a la especie de cultivo, a la vez que degradan los contaminantes del agua. En la siguiente tabla se puede evidenciar las diferencias o lo que implica la implementación de cada una de estas tecnologías.

Tabla 2. Tecnologías simbióticas aplicadas a tilapias.

Ítems	Tecnología Biofloc	Tecnología Aquamimicry
Densidades de cultivo	45 - 60 tilapias/m ³ .	25 - 45 tilapias/m ³ .
Permanencia	Estanques con paredes y fondo de plástico de 10 a 2000m ³ .	Tanques de tierra de grandes dimensiones de 1 o más hectáreas.
Fuente de carbono	Melaza.	Semolina o salvado de arroz.
Enfoque	Producción de bioflóculos.	Producción de zooplancton más que en la de bioflóculos que llaman biocoloides.

Actualmente se está evidenciando el uso de las dos tecnologías, a manera de la aplicación metodológica de la tecnología Biofloc, pero usando fermentos a partir de la semolina o salvado de arroz, correspondiente a la tecnología Aquamimicry, es así como se entrelazan estas dos tecnologías dando avance en una sola.

La diferencia del cultivo piscícola tradicional a un cultivo con tecnologías simbióticas radica fundamentalmente en una producción con recambio cero de agua, además de la reducción de un 20 a 30% del consumo de alimento balanceado por ingestión de bioflóculos y producir a altas densidades; por encima de los 25 – 45 animales por metro cúbico para las principales especies de peces principalmente tilapia (10).

Ventajas

— Es una tecnología de cero recambios de agua.

- Transforma las sustancias de desecho en alimento.
- Es una tecnología “ecofriendly”.
- Los bioflóculos son un gran alimento y al estar en permanencia constante en el agua, los organismos acuáticos pueden alimentarse de ellos “ad libitum”.
- Aumento de la densidad del cultivo, debido a que existe mucho más alimento disponible las 24 horas en el tanque, oxígeno en agua y unas condiciones ambientales similares a las naturales, los organismos de cultivo no sufren de estrés y la densidad de tilapia adulta puede superar los 60 peces por metro cúbico.
- Genera una importante acción probiótica a los organismos de cultivo.
- Aumento de la bioseguridad de la granja por la reducción de entrada de patógenos en el recambio de agua.
- Ahorro en alimento, agua y espacio, además de los insumos como antibióticos, todo ello reflejado en el aspecto económico. Con la implementación de la tecnología biofloc producirá 23 veces más que con el sistema convencional obteniendo mucha mayor rentabilidad (11).

Desventajas

- Mayor coste inicial.
- No todas las especies se pueden utilizar con BFT, pues estas deben soportar grandes porcentajes de materia orgánica disuelta en el agua.
- La aireación en los tanques con biofloc es imprescindible pues debe airearse 24 horas 365 días al año.
- Capacitación del personal acuícola, el personal encargado debe estar relacionado con la tecnología.

Manejo de estanques

Fertilización y Encalado

Se fertiliza con el fin de producir fitoplancton en los estanques, aumentando la disponibilidad de alimento natural a través de la cadena alimenticia. La fertilización es utilizada solamente en granjas

con sistemas de producción extensiva y semi- intensiva; en el sistema extensivo durante todas las etapas de desarrollo y en el semi- intensivo principalmente durante las primeras etapas de cría y pre-cría.

Suelo

Para llevar a cabo la construcción de estanques es necesario hacer un estudio de suelos para que no se tenga problemas con la pérdida de agua. En dicho sentido, los suelos aptos para la construcción de estanques son los suelos arcillosos o arcillo limosos.

Calidad del agua

El crecimiento adecuado de los peces está muy relacionado con mantener los parámetros de calidad de agua en intervalos adecuados para la especie a producir, en este sentido, los factores físico-químicos más importantes que se deben considerar para la producción de peces en cautiverio son los siguientes: Temperatura, oxígeno disuelto, pH, transparencia, conductividad, anhídrido carbónico, dureza, amonio, nitrito, nitrato, cloro (12).

Temperatura

Los peces son poiquiloterms (su temperatura corporal depende del medio en que viven) y presentan adaptaciones a intervalos de temperatura dentro de las cuales manifiestan su mayor actividad fisiológica (óptimo para especies tropicales 26°C a 28°C).

Transparencia

La medición de la transparencia se realiza por medio de un instrumento llamado disco de secchi, el cual, mide la profundidad de visibilidad del objeto bajo el agua. Dicha herramienta consiste en una placa metálica circular dividida en 4 cuartos.

Oxígeno disuelto

En los estanques de producción no se recomienda mantener el oxígeno disuelto a valores inferiores a 3 mg/l, por lo que si el productor observa lecturas en estos niveles puede aplicar para la corrección cualquiera de estas dos técnicas: remoción e introducción parcial de agua en el estanque o la incorporación del oxígeno por medio del movimiento del agua con aireadores especialmente contruidos para el efecto (paleta o compresoras).

pH del agua

El pH juega un papel importante en la producción de peces ya sea porque se encuentra por encima o por debajo de los valores óptimos (6,5 a 9,0), se presentan cambios de comportamiento como letargia, inapetencia y disminución de crecimiento. Los peces responden muy bien a las aguas neutras tendiendo a alcalinas (pH=7 - 8)(13)

3. Uso de probióticos en la acuicultura.

Actualmente en la acuicultura se ha empezado a implementar estrategias para prevenir enfermedades y a su vez para alimentar estas especies, por ende, ha surgido la implementación de probióticos los cuales han demostrado tener grandes beneficios, como estimular la respuesta inmune, incrementar la sobrevivencia de las larvas, el apetito y la resistencia a enfermedades, mejorar el crecimiento, rendimiento y reducir significativamente la producción de residuos contaminantes. Los probióticos más utilizados son las bacterias acidolácticas y sus metabolitos como las bacteriocinas, sin embargo, también se utilizan otros géneros de bacterias como: *Bacillus* y *Streptomyces*, además de microalgas y levaduras. Por ende, se dice que no sólo las bacterias pueden considerarse como probióticos porque se ha descubierto que los bacteriófagos, las microalgas y las levaduras también se utilizan comúnmente en la acuicultura. De igual manera, una amplia gama de bacterias Gram-positivas se usa como probióticos en todo el mundo⁽¹¹⁾. La viabilidad microbiana se ve afectada por su selección de cepas como probióticos, siendo un proceso complejo, pues su efectividad depende del tipo de probiótico, modo y cantidad de dosificación, especie hospedadora y fase de cultivo (larvario, alevinaje y engorde)

en la que se encuentre y las condiciones ambientales del cultivo (14). *Bacillus spp* es conocido por la capacidad que tiene de producir enzimas extracelulares e implementándolo en la alimentación del cultivo acuícola, mejora la digestibilidad y aumenta la tasa de conversión alimenticia (TCA). Según Benedetti D. (5), otros probióticos acuícolas utilizan mecanismos alternativos, por ejemplo, existen numerosos informes sobre bacterias acidolácticas que mejoran la morfología intestinal, a través de una mayor longitud de las vellosidades, vellosidades más numerosas o mayor densidad de microvellosidades. Todas estas observaciones aumentan la superficie de contacto del intestino, permitiendo una mayor absorción de nutrientes por parte del huésped.

Debido a lo anterior es indispensable presentar los efectos que conlleva la utilización de algunas de las bacterias o microorganismos utilizados como probióticos (Tabla 3).

Tabla 3. Principales microorganismos probióticos implementados en sistemas de producción acuícola.

Microorganismos Probióticos	Hospedador	Efectos Observados
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Epinephelus coloides</i>	mejora del crecimiento. Mejora de la inmunidad y aumento de la resistencia frente a <i>Streptococcus sp.</i> e iridovirus.
<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Modulación de la flora intestinal. Estimulación de la respuesta inmunitaria.
<i>Lactobacillus sakei</i>	<i>Epinephelus bruneus</i>	Aumenta la resistencia frente a <i>Streptococcus iniae</i> y <i>Streptococcus parauberis</i> .
<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Mejora del crecimiento.
<i>Pediococcus acidilactici</i>	<i>L. stylirostris</i>	mejora de la supervivencia frente a vibriosis.
Cepa Roseobacter	<i>S. maximus</i>	mejora de la supervivencia de las larvas.

Fuente: Adaptado de (15)

Los científicos destacan que las propiedades para considerar la calidad como un candidato a probiótico incluyen, en orden de importancia: (I) ausencia de hemolisinas, (II) ausencia de genes resistentes a los antibióticos, (III) antagonista a los patógenos, por exclusión competitiva o la capacidad para producir metabolitos inhibitorios, (IV) resistentes a las sales biliares y bajo pH, (V) crecimiento rápido y adecuada temperatura huésped/cultivo, (VI) capacidad de adhesión y competir por los sitios de adhesión y (VII) mejorar la respuesta inmune del huésped, suplementar con nutrientes esenciales, regular los neuropéptidos, buena interacción para aplicar una mezcla de probióticos y viabilidad para las condiciones de almacenamiento (16)

Resultados y discusión

De acuerdo con lo reportado por Alexander et al., (15) el cual comparó 4 niveles de inclusión de probióticos (0, 5, 10 y 15%) en la dieta de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y su efecto en la tasa de crecimiento y supervivencia, no se observó efecto significativo ($P > 0,05$) entre los tratamientos sobre el peso promedio y la supervivencia de los alevinos, siendo esta última de 99,24% para todos los tratamientos evaluados.

En cambio (17) reportó que el uso de la cepa *Bacillus* mostró ser mitigador de patógenos como lo son *Aeromonas*, *Vibrio*, *Streptococcus*, *Clostridium*, el virus de la mancha blanca entre otros. Pero en la práctica se debe tener en cuenta el tipo de alimento que se utiliza como transporte más viable de estos probióticos, ya que su variabilidad depende de la presentación del alimento (18). Una de las características primordiales de los *Bacillus* son la capacidad de producir enzimas extracelulares coayudantes del aumento de la digestibilidad del alimento y la tasa de conversión alimenticia (TCA), proporcionando beneficios económicos al productor, reduciendo el consumo y utilización del alimento (19,20).

Lo anteriormente descrito lo soporta Laice LM. et al., (21) en su investigación en donde demuestra una mejoría en las condiciones hematológicas y mayor TCA en tilapia de Nilo producidas bajo el tratamiento que utilizo con adición de simbióticos en la columna de agua.

Según la investigación realizada por Ringø E et al., (22) la inclusión de *Lactobacillus sp.* y *Lb. Pentosus* en la dieta de peces y mariscos en diferentes concentraciones entre 10^3 y 10^8 unidades formadoras de colonia (UFC) por gramo, se observó una mejora significativa ($P < 0,05$) entre las variables de desempeño productivo como rendimiento de crecimiento de las enzimas digestivas y resistencia al *S. agalactiae*. Por consecuente estos probióticos aumenta el estímulo del desarrollo, crecimiento, absorción y aprovechamiento de nutrientes del huésped (22), manteniendo un equilibrio óptimo en el desarrollo de los microorganismos benéficos para el tracto digestivo, suministrando acción protectora contra patógenos (23), gracias a la producción de fagocitos que son producidos por los probióticos de bacterias ácido lácticas (BAL), se genera una mejoría en el proceso de la fagocitosis en el huésped (24).

Estudios realizados por Hassan MA et al., (25) en Egipto, evaluaron el comportamiento de los dos probióticos más comerciales de la región (Sanolife PRO-W® (A= mono cepa) y Aquastar® (B= multi cepa)), frente a un tratamiento control, con la variable independiente de la adición de levadura como materia orgánica (MO) para determinar el efecto de la calidad del agua, siendo esta altamente significativa ($P < 0,01$) frente a la degradación de amoníaco (NH_3) en la columna de agua. Los resultados revelaron que ambos probióticos redujeron el NH_3 en presencia de una alta concentración de MO (30 mg L⁻¹), siendo más eficiente los probióticos *Bacillus spp.* (A), que el (B) *multi spp.* ya que toman más tiempo debido a los diversos microorganismos compuestos (Figura 1).

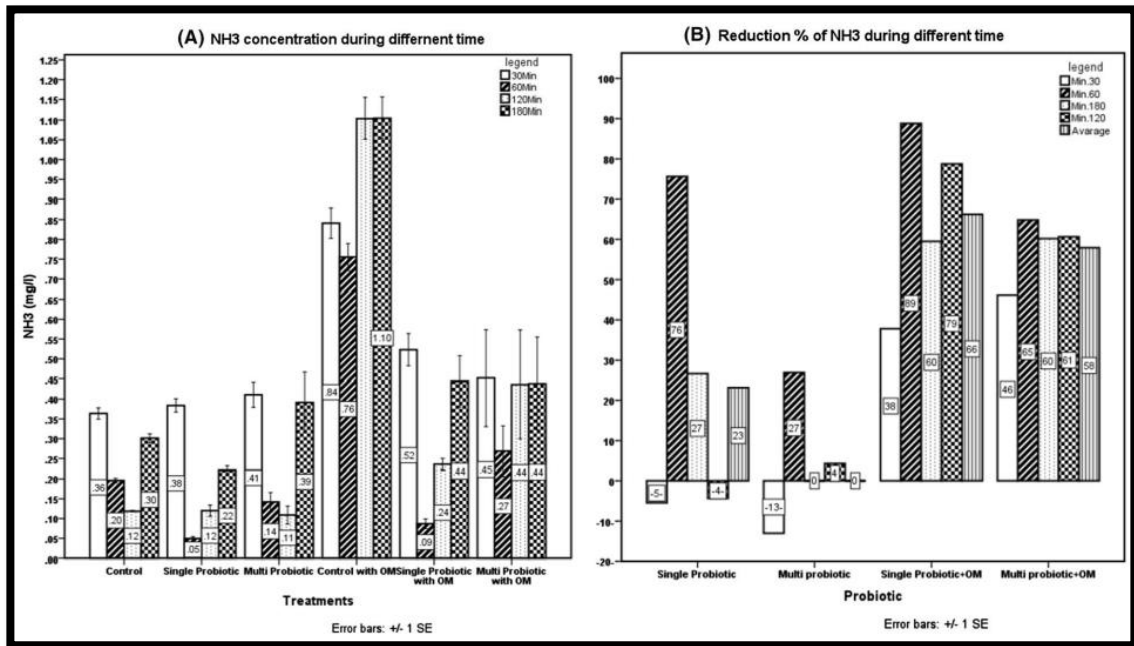


Figura 1. Efecto de los probióticos sobre el nivel de amoníaco ionizado (NH₃) en presencia o ausencia de materia orgánica.

Para el caso del probiótico (B) multi cepa spp. No se observó reducción en la concentración de amoníaco ($P > 0,05$). Los autores consideran que estos resultados se deben a la interacción y sustancias producidas entre las mismas (figura 1).

Aportando a lo anterior, (26) manifiesta que los probióticos detoxificantes que aporta óptimas condiciones físico - químicas en el agua son de suma importancia para el crecimiento y desarrollo de cualquier organismo.

Este estudio realizado en el 2019 Chen SW et al., (27), donde se evaluó el crecimiento e inmunidad contra infecciones patógenas, mediante la implementación de una dieta basal constituida por 39% de proteína bruta, 8% de lípidos totales y tres diferentes niveles de inclusión del probiótico *Paenibacillus ehimensis* npust1 (0 , 1×10^6 y 1×10^7 UFC/g) en la especie Tilapia Nilo (*Oreochromis niloticus*), en su etapa juvenil, agrupando homogéneamente 60 individuos en los tres tratamientos. El desempeño del crecimiento mostró una ganancia de peso (WG) de 7.5 ± 1.85 g y 50.0 ± 0.48 g para las tilapias alimentadas con cada tratamiento respectivamente, que fueron significativamente más altas que las de los peces alimentados con la dieta basal control sin ninguna inclusión de probiótico ($29,6 \pm 0,46$ g). FCR y FE de tilapia suplementada con *P. ehimensis* NPUST1 fueron notablemente más altos que los de los peces de control (tabla 4).

Tabla 4: desempeño del crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con dieta basal y dieta basal con adición de probiótico *P. ehimensis* NPUST1.

PARÁMETROS	TRATAMIENTOS		
	T1: control	T2: 10^6 UFC/g	T3: 10^7 UFC/g
Peso inicial (g)	$5,5 \pm 0,45^a$	$5,4 \pm 0,47^a$	$5,6 \pm 0,69^a$

Peso final (g)	37,3 ± 3,59 ^a	52,9 ± 2,32 ^b	55,6 ± 0,22 ^b
Ganancia de peso (GT) (g)	31,93 ± 3,53 ^a	47,46 ± 1,85 ^b	55,6 ± 0,22 ^b
Tasa de supervivencia (%)	88,9 ± 3,85 ^a	95,5 ± 3,85 ^a	97,7 ± 3,85 ^b
Relación de conversión alimenticia (FCR)	1,38 ± 0,09 ^a	1,10 ± 0,04 ^b	1,08 ± 0,01 ^b
Eficiencia alimentaria (FE)	0,73 ± 0,05 ^a	0,91 ± 0,04 ^b	0,92 ± 0,01 ^b

Fuente: Adaptado de (27)

Los datos se presentan como la media ± aE. De triplicados. Diferentes superíndices en las mismas filas representan diferencias significativas ($P < 0,05$), la suplantación dietaria con *P. ehimensis* NPUST1 en la tilapia *Oreochromis niloticus* trae como efecto la mejora de la resistencia contra la infección por *S. iniae*. Las tasas de supervivencia no fueron significativamente diferentes ($P > 0,05$) entre los tratamientos que se suministraron probióticos (T1 y T2), lo que se sugiere que la dosis sea de 10^6 UFC/g es suficiente para obtener la función de resistencia del patógeno.

Las investigaciones en el estado de México realizadas por Liu Yan et al., (28), evaluó los efectos de dos cepas de probióticos autóctonas *Bacillus pumilus* (BP), *Bacillus sp.* (BSP) sobre el crecimiento de los alevines de la especie (*Onocorhynchus mykiss*). se determinó que la utilización de cepas de *Bacillus* adicionadas en el alimento no generó ningún aporte significativo ($P > 0,05$) en el desarrollo, tasa crecimiento y tasa de conversión alimenticia de los alevines con respecto a los alevines que ingerían alimento sin ningún probiótico, pero si se evidenció mayor ganancia de peso en los alevines suplementados con la cepa *Bacillus sp.* (BSP) con una significancia de ($P < 0,05$) comparación con los dos otros tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5: Comportamiento de crecimiento de truchas arcoíris (*Onocorhynchus mykiss*) alimentadas con diferentes probióticos autóctonos.

ítems	control	BP	BSP	BP*BSP
Cambio (%)	994	917	961	878
Aumento de peso (g)	16,1 ± 0,8 ^a	14,7 ± 0,06 ^b	15,5 ± 0,06 ^a	14,1 ± 0,04 ^b
crecimiento relativo (%)	878,5 ± 10,01	825,2 ± 4,81	862,4 ± 3,88	800,8 ± 1,52
tasa de crecimiento específica (%/día)	4,06 ± 0,01	3,97 ± 0,009	4,04 ± 0,007	3,92 ± 0,003
tasa de conversión de alimentación (%)	2,1 ± 0,1	2,4 ± 0,1	2,2 ± 0,1	2,5 ± 0,04
Supervivencia (%)	99,16 ± 0,8	95,83 ± 1,7	96,6 ± 0,8	96,6 ± 0,8

--	--	--	--	--

El cultivo de peces en altas densidades a menudo crea condiciones de estrés que provocan un aumento en las tasas de mortalidad debido a la infección por patógenos oportunistas como bacterias, parásitos y hongos (29). La temperatura, el pH, la oxigenación, la velocidad de agitación y el medio de cultivo son algunas de las variables que pueden afectar los rendimientos de biomasa, las tasas máximas de crecimiento específico y las actividades biológicas de los microorganismos (30).

Conclusiones

El uso de probióticos no genera efecto positivo sobre el crecimiento y ganancia de peso, entre tanto, mejora la flora intestinal del huésped, garantizando aumento en la digestibilidad y absorción de los nutrientes, con reducción de la materia orgánica excretada, principal contaminante de los espejos de agua por aumentar los niveles de amoníaco.

El uso de probióticos como *Bacillus spp* en sistemas de producción acuícola genera efectos benéficos en la inmunidad y resistencia de los individuos contra infecciones.

Referencias

1. FAO. La nutrición y alimentación en la acuicultura de América latina y el caribe [Internet]. 2020 [cited 2023 Jan 17]. Available from: <https://www.fao.org/3/ab487s/AB487S05.htm>
2. Andrea Parrado Sanabria Médico Veterinario Zootecnista Y. Historia de la Acuicultura en Colombia. Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura Revista AquaTIC. 2012;37:60–77.
3. Méndez-Martínez Y, Pérez-Tamames Y, José J, Pérez R, Dayana V, Jimenez P. azolla sp., a high nutritional value food for aquaculture. Biotecnia [Internet]. 2017 [cited 2023 Jan 18];xx. Available from: <http://biotecnia.unison.mx>
4. Gavin Moyano Cesar Stalin. Producción de un simbiótico para alimentación animal partir Bacillus Subtilis con un sustrato de residuos agroindustriales. 2018.
5. Daniela Corrales Benedetti. Usos de los probióticos: tratamiento de enfermedades y biocontrol en la industria alimentaria y agrícola. 2018.
6. Puri P, Sharma JG, Singh R. Biotherapeutic microbial supplementation for ameliorating fish health: developing trends in probiotics, prebiotics, and synbiotics use in finfish aquaculture. Anim Health Res Rev. 2023 Jan 4;1–23.
7. Ziortza Cruz Serna. aplicacion de probioticos en el sector de la acuicultura: desafíos y perspectivas [Internet]. Industrias Pesqueras . 2013 [cited 2023 Jan 17]. p. 42–5. Available from: <https://alimentatec.com/aplicacion-de-probioticos-en-el-sector-de-la-acuicultura-desafios-y-perspectivas/>
8. Bioaquafloc. ¿Cuánto dinero se gana con la tecnología Biofloc? - Bioaquafloc [Internet]. 2021 [cited 2023 Jan 17]. Available from: <https://www.bioaquafloc.com/cuanto-dinero-se-gana-con-la-tecnologia-biofloc/>
9. Bioaquafloc. ¿Qué es la acuicultura simbiótica? Algo más que biofloc y aquamimicry - Bioaquafloc [Internet]. Bioaquafloc. 2020 [cited 2023 Jan 18]. Available from: <https://www.bioaquafloc.com/que-es-la-acuicultura-simbiotica-algo-mas-que-biofloc-y-aquamimicry/>
10. Bioaquafloc. Alimento predigerido: de fertilizante orgánico a revolucionario alimento [Internet]. Bioaquafloc. 2021 [cited 2023 Jan 18]. Available from: <https://www.bioaquafloc.com/alimento-predigerido-de-fertilizante-organico-a-revolucionario-alimento-en-acuicultura/>
11. Bioaquafloc. Tecnología Simbiótica Bioaquafloc - Bioaquafloc [Internet]. BAF. 2020 [cited 2023 Jan 18]. Available from: <https://www.bioaquafloc.com/tecnologia-simbiotica-bioaquafloc/>
12. Diario oficio. 66 (Segunda Sección) [Internet]. 2012. Available from: <http://www.economia-sniim.gob.mx>
13. Arcadio Castillo D. Introducción de la Tilapia, *Oreochromis spp.*, en la Comarca Gunayala [Internet]. 2013 [cited 2023 Jan 17]. Available from: <https://gubiler.blogspot.com/2013/04/introduccion-de-la-tilapia-oreochromis.html>

14. Bioaquafloc. Acuicultura extensiva simbiótica nueva tecnología altamente rentable [Internet]. 2021 [cited 2023 Jan 18]. Available from: <https://www.bioaquafloc.com/acuicultura-extensiva-simbiotica-nueva-tecnologia-altamente-rentable/>
15. Alexander A, Castro T, Mogollón A, Universidad Z, Francisco D, De J, et al. Evaluación del crecimiento de alevinos de Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) alimentados con *Saccharomyces cerevisiae* como potencial probiótico. 2018;
16. Sayes C, Leyton Y, Riquelme C. Probiotic Bacteria as an Healthy Alternative for Fish Aquaculture. Antibiotic Use in Animals. 2018 Jan 31;
17. Kuebutornye FKA, Abarike ED, Lu Y, Hlordzi V, Sakyi ME, Afriyie G, et al. Mechanisms and the role of probiotic *Bacillus* in mitigating fish pathogens in aquaculture. *Fish Physiology and Biochemistry* 2020 46:3 [Internet]. 2020 Jan 17 [cited 2023 Jan 18];46(3):819–41. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10695-019-00754-y>
18. Akhter N, Wu B, Memon AM, Mohsin M. Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: A review. *Fish Shellfish Immunol*. 2015 Aug 1;45(2):733–41.
19. Aquaculture. Los probióticos en la acuicultura | biomin.net [Internet]. DMS. 2022 [cited 2023 Jan 18]. Available from: <https://www.biomin.net/mx/species/aquaculture/probiotics-in-aquaculture/>
20. de Lourdes Pérez-Chabela M, Alvarez-Cisneros YM, Soriano-Santos J, Pérez-Hernández MA. The probiotics and their metabolites in aquaculture. A review. *Hidrobiologica*. 2020 Apr 1;30(1):93–105.
21. Laice LM, Corrêa Filho RAC, Ventura AS, Farias KNN, Silva AL do N, Fernandes CE, et al. Use of symbiotics in biofloc (BFT)-based Nile tilapia culture: Production performance, intestinal morphometry and hematological parameters. *Aquaculture*. 2021 Jan;530:735715.
22. Ringø E, van Doan H, Lee SH, Soltani M, Hoseinifar SH, Harikrishnan R, et al. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. *J Appl Microbiol*. 2020 Jul 20;129(1):116–36.
23. Hossain MdI, Sadekuzzaman M, Ha SD. Probiotics as potential alternative biocontrol agents in the agriculture and food industries: A review. *Food Research International*. 2017 Oct;100:63–73.
24. Grayfer L, Kerimoglu B, Yaparla A, Hodgkinson JW, Xie J, Belosevic M. Mechanisms of fish macrophage antimicrobial immunity. *Front Immunol*. 2018 May 28;9(MAY):1105.
25. Hassan MA, Fathallah MA, Elzoghby MA, Salem MG, Helmy MS. Influence of probiotics on water quality in intensified *Litopenaeus vannamei* ponds under minimum-water exchange. *AMB Express* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Jan 18];12(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35218434/>
26. Kuebutornye FKA, Abarike ED, Lu Y. A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture. *Fish Shellfish Immunol* [Internet]. 2019 Apr 1 [cited 2023 Jan 18];87:820–8. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30779995/>
27. Chen SW, Liu CH, Hu SY. Dietary administration of probiotic *Paenibacillus ehimensis* NPUST1 with bacteriocin-like activity improves growth performance and immunity against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus iniae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immunol* [Internet]. 2019 Jan 1 [cited 2023 Jan 18];84:695–703. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30368025/>
28. Liu Y, Lai Q, Dong C, Sun F, Wang L. Phylogenetic Diversity of the *Bacillus pumilus* Group and the Marine Ecotype Revealed by Multilocus Sequence Analysis. *PLoS One* [Internet]. 2013 [cited 2023 Jan 19];8(11):80097. Available from: <http://www.soa.gov.cn/>
29. Cano-Lozano JA, Villamil Diaz LM, Melo Bolivar JF, Hume ME, Ruiz Pardo RY. Probiotics in tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture: Potential probiotic *Lactococcus lactis* culture conditions. *J Biosci Bioeng*. 2022 Mar;133(3):187–94.
30. Sundaray JK, Dixit S, Rather A, Rasal KD, Sahoo L. Aquaculture omics: An update on the current status of research and data analysis. *Mar Genomics*. 2022 Aug;64:100967.

