

USO DE SIMBIÓTICOS EN ACUACULTURA, EXPERIENCIAS EN PUEBLA, MÉXICO

USE OF SYMBIOTICS IN AQUACULTURE, EXPERIENCES IN PUEBLA, MEXICO

Cruz-Aviña J. R.^{1*}, Herrera-Corichi F. J.¹, Utrera-Quintana F.¹, Díaz-Larrea J.², Cabrera-García R.³

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Carr. Tecamachalco-Cañada Morelos Km. 7.5, El Salado, CP 75460 Tecamachalco, Puebla, México. ²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Hidrobiología, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Ciudad de México, CP 09340. México. ³Gabinete de Arqueología, Oficina del Historiador de la Ciudad, Habana Vieja, Cuba. Calle Tacón 12 e/ O'Reilly y Empedrado, Habana Vieja, Ciudad Habana, Cuba.

*Autor de correspondencia: juan.cruzavina@correo.buap.mx

Recibido: 18/abril/2023

Aceptado: 27/junio/2023

RESUMEN

El acelerado crecimiento de la acuicultura hacia la producción intensiva expone a los organismos acuáticos a diferentes condiciones de estrés, provocando un variado número de enfermedades, muchas de las cuáles terminan en la muerte, provocando pérdidas económicas. Lo anterior ha provocado el uso indiscriminado de antibióticos por la falta de conocimiento especializado en la producción acuícola ya que se producen gran variedad de especies las cuáles requieren diferentes condiciones en los parámetros de agua, oxígeno, aire y alimento,

aunado a una mala administración. En la actualidad se ha propuesto la utilización de alternativas más amigables con el medio ambiente y la producción animal sustentable y sostenible, por tal motivo, se ha normalizado el uso de microorganismos benéficos vivos (probióticos) en combinación con ingredientes no digeribles (prebióticos, como son diversos tipos de carbohidratos, polisacáridos, minerales, etc.) que llegan a diferentes partes del tracto digestivo, sirviendo de sustrato o actuando en forma sinérgica con los probióticos y otros microorganismos intestinales y del medio

acuático, los cuáles dan aporte de energía, metabolitos así como micronutrientes utilizados por el hospedado, estimulando la microbiota intestinal y su crecimiento selectivo benéfico. La combinación de prebióticos+ probióticos se le llama simbióticos y sus propiedades se potencializan, adquiriendo sinergia; por lo que actualmente se utilizan para mejorar la producción acuícola y fomentar el bienestar animal de los cultivos. En este trabajo se presentan algunas experiencias positivas del uso de simbióticos (comerciales y aislados en laboratorio), para mejorar la producción de trucha, tilapia, bagre, entre otros. No obstante, estos resultados empíricos en cierto grado, pero positivos, se proponen evaluar para darle el un soporte científico, registrando los beneficios que estos simbióticos aportan en los organismos cultivados y en la calidad del agua, ya que representan un gran potencial social, económico y ambiental, dado los resultados exitosos obtenidos en Puebla, México.

Palabras clave: Bienestar animal, Objetivos del Desarrollo Sustentable 2030, prebióticos, probióticos, desarrollo sustentable.

ABSTRACT

The accelerated growth of aquaculture towards intensive production exposes aquatic organisms to different stress conditions, causing a variety of diseases, many of which end in death, causing economic losses. This has caused the indiscriminate use of antibiotics due to the lack of specialized knowledge in aquaculture production, as a great variety of species are produced that require different water, oxygen, air, and food parameters coupled with poor administration. At present, the use of more environmentally friendly alternatives and sustainable animal production has been proposed, such as the use of live beneficial microorganisms (probiotics) in combination with non-digestible ingredients (prebiotics, such as various types of carbohydrates, polysaccharides, minerals, etc.) that reach different parts of the digestive tract, serving as a substrate, or acting synergistically with probiotics and other intestinal and aquatic microorganisms, which provide energy, metabolites, and micronutrients used by the host, stimulating the intestinal microbiota and its beneficial selective growth. The combination of a prebiotic and a probiotic is called a symbiotic and its properties are enhanced, acquiring synergy; therefore, they

are currently used to improve aquaculture production and promote animal welfare of crops. This paper presents positive experiences with the use of symbiotics (commercial and isolated in the laboratory) to improve the production of trout, tilapia, and catfish, among others. However, these positive empirical results, to a certain degree, are intended to be evaluated in order to provide scientific support, recording the benefits that these symbiotics bring to cultivated organisms and to water quality, since they represent great social, economic, and environmental potential, given the successful results obtained in Puebla, Mexico.

Key words: Animal welfare, Objectives Sustainable Developmental 2030, prebiotics, probiotics, sustainable development.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura ha tenido un notable incremento a nivel mundial (FAO 2020). Este crecimiento intensivo, implica que los animales se vean sobreexposados a diversas enfermedades por estrés, al deterioro ambiental de los cuerpos acuáticos y como resultado se presentan serias pérdidas económicas. Varios autores, entre los que

destacan (Tan y colaboradores 2016, Rao y Lalitha 2015 y Newaj-Fyzul Al-Harbi y Austin 2014), coinciden que esta prevención y control de enfermedades han tenido como consecuencia, un incremento sustancial en el uso de fármacos veterinarios, sin embargo; el abuso de antibióticos y vacunas ha sido severamente cuestionado, debido a la resistencia generada a nivel genético entre los patógenos que provocan enfermedades en los organismos acuáticos, como contaminantes emergentes, como disruptores endocrinos y su potencial riesgo ecotoxicológico en el agua de cultivo y en las aguas abajo de las cuencas hídricas, afectando de sobremanera la eficiencia de las plantas de tratamiento de agua residual. Esta problemática socio-ambiental ha propiciado la búsqueda de estrategias más sustentables y de menor impacto ecológico para el agua. En este sentido, los simbióticos han surgido como una alternativa viable, con buenos resultados en los últimos años.

A continuación, se mencionan algunos de los simbióticos más comunes utilizados en acuicultura en México.

Probióticos. La primera definición fue propuesta por Parker (1974), en la cual, estableció que son organismos y sustancias

que contribuyen al balance microbiano intestinal. Posteriormente han surgido otras definiciones, por ejemplo, la FAO/WHO (2001), que conceptualiza a los probióticos como aquellos microorganismos vivos que, cuando son administrados en cantidades adecuadas, proporcionan un amplio beneficio a la salud del hospedero. Actualmente, se consideran como probióticos a los suplementos alimenticios que contienen microorganismos (vivos o liofilizados) y otros inmunoestimulantes, los cuales se administran para mejorar la calidad del agua, para reforzar la respuesta inmune, condiciones fisiológicas o para reducir el uso de compuestos químicos sintéticos, así como antibióticos (Hai 2015). Los microorganismos probióticos se pueden aislar de varias fuentes, aunque la principal es el tracto digestivo de los animales acuáticos y el mucus de los peces (Ferreira et al. 2015). Los microorganismos más utilizados actualmente son: *Aspergillus oryzae*, *A. ninger*, *Bacillus cereus*, *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *Lactobacillus acidophilus*, *L. amylovorus*, *L. brevis*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*, *Bifidobacterium lactis*, entre otros (Gaggia et al. 2010), *Saccharomyces cerevisiae*, *S. boulardii* (Phileo by Lesaffre, Milwaukee,

WI[®]), *Bifidobacterium infantis*, *Streptococcus thermophilus*.

Prebióticos. Son fibras y azúcares (sacáridos) como los fructanos, la inulina y la oligofructosa, (Akhter Wu Memon y Mohsin 2015, Mona et al. 2015, Bosscher, Van Loo and Franck 2006) y son utilizados para promover la abundancia de bacterias benéficas, incrementando la producción del cultivo, aumentando la resistencia a enfermedades y estimulando el sistema inmunológico. Adicionalmente, proveen de energía a las bacterias intestinales, mejorando la supervivencia, del mismo modo mejoran la estructura de la mucosa intestinal, incrementando la concentración de las proteínas del organismo (Merrifield et al. 2010). Estos sacáridos pueden ser clasificados dependiendo de su tamaño o del grado de polimerización: fructo-oligosacáridos (FOS), manano-oligosacáridos (MOS) (producto comercial de Phileo by Lesaffre, Milwaukee, WI[®]), galacto-oligosacáridos (GOS) o transgalacto-oligosacáridos (TOS), lactulosa, inulina y β -glucanos (Akhter Wu Memon y Mohsin 2015).

Simbióticos. Es la combinación de probióticos y prebióticos que se potencian

benéficamente incrementando la supervivencia del microbioma (probióticos) en el tracto gastrointestinal de los organismos (Collins y Gibson 1999). Los probióticos y prebióticos al combinarse como simbióticos pueden tener un efecto sinérgico, mejorando el efecto que tienen al administrarse por separado (Cerezuela Guardiola Meseguer y Esteban 2012). Por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar la información general del estado del arte referente al uso de simbióticos en la acuicultura y su perspectiva actual en México. Así como enlistar algunos resultados positivos de su uso en diferentes cultivos en Unidades de Producción Acuícolas (UPAS) comerciales (bagre, tilapia, trucha) y en aislados (diferentes levaduras) en condiciones experimentales (Laboratorio de Conservación del género *Ambystoma* LCA-GCA-FMVZ-BUAP) en Puebla, México y ponderar su potencial recomendación para el sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estado del arte.

Se realizó una búsqueda exhaustiva de las bases de datos científicas PubMed, Science Direct y Scielo utilizando los términos de

búsqueda: *SIMBIOTICS*, *PREBIOTICS*, *PROBIOTICS*, *aquaculture*, Mexico; *SIMBIOTICS*, *aquaculture*, Mexico; *PREBIOTICS*, *aquaculture*, Mexico y *PROBIOTICS*, *aquaculture*, Mexico, y se analizaron el número de coincidencias en estos motores de búsqueda. Para la descripción del comportamiento del uso de simbióticos en México mundo se usaron referencias con un rango de 10 años de antigüedad y se graficaron sus tendencias en una línea de tiempo.

Utilización de microorganismos simbióticos.

Se enlistan algunas experiencias con productos comerciales en diferentes Unidades de Producción Acuícola.

Granja 1 (Bagre). - Se utilizó el probiótico comercial (Eco-Aquaprotect®), que contiene bacterias ácido lácticas (BAL), *Bacillus subtilis* (10^{10} UFC.mL⁻¹), *Bacillus polymixa* (10^{10} UFC.mL⁻¹), *Brevibacillus laterosporus* (10^{10} UFC.mL⁻¹) y levaduras, *Saccharomyces cerevisiae* (10^6 UFC.mL⁻¹). Los microorganismos son inactivos y fueron inoculados en una solución de nutrientes (Eco-Nutrimax®) utilizando agua destilada para su activación, manteniéndose en un sistema cerrado con aireación (12 h a 37°C)

según las instrucciones de los fabricantes (Eco Technologies Solutions, 2017).

2.- *Granja 2* (Tilapia). - producto comercial Aqua Booster[®], es un simbiótico para peces y crustáceos, el cual está compuesto de bacterias probióticas de los géneros *Lactobacillus* sp. (3.7×10^7 UFC.g⁻¹), *Bacillus* sp. (9.3×10^7 UFC.g⁻¹), *Enterococcus faecium* (1.7×10^7 UFC.g⁻¹), levaduras microencapsuladas de *Saccharomyces cerevisiae* (6.0×10^9 UFC.g⁻¹) y productos derivados de fermentación, levaduras ricas en mananos oligosacáridos y β - glucanos, aminoácidos, vitaminas y minerales orgánicos. Se agregaron 500 g de Aquabooster[®] 100 l de agua + 5 kg de melaza (85° Brix), dejando fermentar (8- 12 h), dejando aireación continua (burbuja chica), esta mezcla se utiliza en el alimento de manera directa 1 vez por semana.

3.- *Granja 3* (Trucha). - Aislado de tracto digestivo de truchas criollas (Santa Rita Tlahuapan) *Lactobacillus* sp. (4.0×10^6 UFC.g⁻¹), *Bacillus* sp. (9.5×10^6 UFC g⁻¹), *Citrobacter gillenii* (2.0×10^6 UFC g⁻¹), *Shewanella marinus* (2.3×10^6 UFC g⁻¹),

Saccharomyces cerevisiae (6.0×10^9 UFC g⁻¹). Aplicado a juveniles en engorda y reproductores.

4.- *Laboratorio GCA-BUAP 4* (Ajolote) producto comercial PROBION-forte[®] *Bacillus subtilis* (1.0×10^8 UFC.g⁻¹), *Bacillus coagulans* (1.0×10^8 UFC.g⁻¹) *Clostridium butyricum* (1.0×10^7 UFC.g⁻¹) + enzimas y *Rhodospseudomonas capsulata* + levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (10^6 UFC.mL⁻¹), *Saccharomyces boulardii* (10^6 UFC.mL⁻¹).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estado del arte.

La investigación y análisis de simbióticos como elementos de impulso de la acuicultura, es un campo emergente, que en el contexto de la sustentabilidad y de la producción sostenida, pretende reducir el impacto ecológico de la producción acuícola, conforme los lineamientos de la agenda 2030 del desarrollo sustentable. Esto queda de manifiesto al realizar el análisis en las búsquedas, **Cuadro 1.**

Cuadro 1.- Resumen de búsquedas en el lapso 2000-2023 y sus diferentes combinaciones de ítems

ITEM	MATCHES PERIODO 2000-2023	DESTACADOS
SIMBIOTICS, PREBIOTICS, PROBIOTICS, aquaculture, Mexico	85	Velasco, S. J., Arroyo, D. M., González, A. M., Hernández, M. P. A., Beltrán, R. S. A., Aquino, P. R. I., ... & Retana, O. D. A. (2021). Growth and survival of the axolotl (<i>Ambystoma mexicanum</i>), fed with the probiotic PROBION-forte® under laboratory conditions.
SIMBIOTICS, aquaculture, Mexico	89	Del Carmen Monroy-Dosta, M., Ramírez-Torrez, J. A., Orozco-Rojas, D. I., Hernández-Hernández, L. H., Castro-Mejía, J., & Becerril-Cortés, D. (2017). Functional foods in rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) production.
PREBIOTICS, aquaculture, Mexico	1,750	Sánchez-Martínez, J. G., Rábago-Castro, J. L., Vázquez-Sauceda, M. D. L. L., Pérez-Castañeda, R., Blanco-Martínez, Z., & Benavides-González, F. (2017). Effect of β -glucan dietary levels on immune response and hematology of channel catfish <i>Ictalurus punctatus</i> juveniles. <i>Latin american journal of aquatic research</i> , 45(4), 690-698.
PROBIOTICS, aquaculture, Mexico	6720	Apùn-Molina, J. P., Santamaría-Miranda, A., Luna-González, A., Martínez-Díaz, S. F., & Rojas-Contreras, M. (2009). Effect of potential probiotic bacteria on growth and survival of tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> L., cultured in the laboratory under high density and suboptimum temperature. <i>Aquaculture Research</i> , 40(8), 887-894.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observarse en el **Cuadro 1**, se encontraron un total de 8 644 artículos durante el lapso 2000-2023, la combinación de ítems de búsqueda: SIMBIOTICS, PREBIOTICS, PROBIOTICS, aquaculture, Mexico; arrojó 85 matches, por su parte la combinación de ítems SIMBIOTICS, aquaculture, Mexico; dio como resultado 89

coincidencias. Por otra parte, la combinación de palabras PREBIOTICS, aquaculture, Mexico dio como resultado 1,750 matches y por último la combinación de PROBIOTICS, aquaculture, México dio como resultado 6720 coincidencias, por lo que puede apreciarse una fuerte tendencia de información en el contexto de los probióticos, seguido por lo

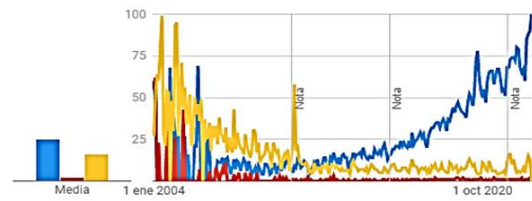
prebióticos y por último la información de simbióticos, en el periodo que resulta novedoso. Los estados que registran un mayor número de publicaciones al respecto son Baja California Norte, Baja California Sur, Sinaloa, Jalisco, Nuevo León y Ciudad de México.

Por su parte en las tendencias puede observarse, una fuerte tendencia de publicaciones (probióticos, acuacultura y simbióticos) del año 2000 al 2004, misma que decae; a excepción de la acuacultura, que muestra una elevación durante 2007 y 2008, del mismo modo se han incrementado tendencialmente las publicaciones con respecto a la utilización de probióticos en lo general a partir del 2010, sin embargo como puede apreciarse las publicaciones para los

simbióticos son mínimas en este periodo (figura 1).

Figura 1. Número de publicaciones Probióticos (Azul), Prebióticos (Amarillo) y Simbióticos (Rojo), y su tendencia en el periodo.

● Probióticos ● Simbióticos ● Acuacultura

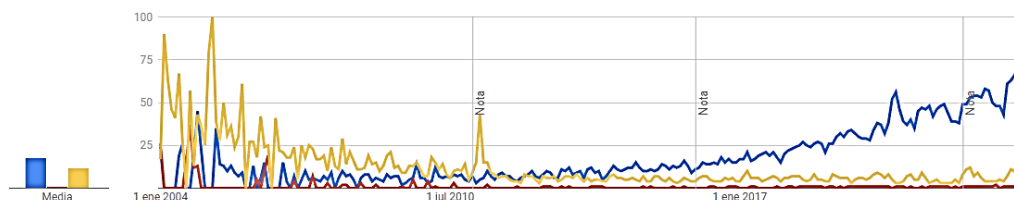


Fuente: Google Trends, modificado por los autores 2023.

Del mismo modo el interés de búsqueda guarda un comportamiento muy parecido al del número de publicaciones en el periodo como puede observarse en la **Figura 2**.

Figura 2. Número de búsquedas de publicaciones con interés en Probióticos (Azul), Prebióticos (Amarillo) y Simbióticos (Rojo), y su tendencia en el periodo.

Interés a lo largo del tiempo 2004-2023



Fuente: Google Trends, modificado por los autores 2023.

La acuicultura simbiótica como nuevo paradigma productivo.

Este es un concepto nuevo y que emerge de la medicina tradicional humana y veterinaria, se basa en la utilización de microorganismos que ejercen una acción beneficiosa directa o indirecta sobre la salud del animal y sobre la calidad del agua de cultivo. Se reproducen varios tipos de microorganismos, bacterias, protozoos, levaduras y plancton que entablarán una relación simbiótica, creando una explosión de zooplancton y bacterias beneficiosas que pueden estar agrupadas en bioflóculos, biofilm o coloides (Celdrán Sabater 2022). Estas agrupaciones de microorganismos son muy ricos en ácido docosahexaenoico (DHA), es un ácido graso esencial poliinsaturado de la serie omega-3. Tras años de investigaciones científicas al respecto se comprobó que sustituyendo la alimentación convencional por bioflóculos y harina de soya, la supervivencia y el factor de conversión del alimento se mantenían igual que con dietas comerciales (Bauer et al. 2012). Este hecho supone un gran hito en la acuicultura moderna puesto que ya no es necesario depender de las harinas de pescado. Algunos experimentos con bioflóculos reportan crecimientos superiores a los

convencionales con alimento comercial (Kuhn et al. 2010). En este sentido, en su trabajo se comparan los resultados de la aplicación de simbióticos para cuatro especies cultivadas a diversas escalas de producción en el estado de Puebla, México.

Bagre.

Se utilizó el probiótico comercial (Eco-Aquaprotect[®]), que contiene bacterias ácido lácticas (BAL), *Bacillus subtilis* (10^{10} UFC.mL⁻¹), *Bacillus polymixa* (10^{10} UFC mL⁻¹), *Brevibacillus laterosporus* (10^{10} UFC mL⁻¹) y levaduras, *Saccharomyces cerevisiae*. En este tratamiento los resultados indicaron que los juveniles alimentados con estas dietas suplementadas con simbióticos mostraron un mayor crecimiento y eficiencia alimenticia que las dietas suplementadas con levadura probiótica, (*Saccharomyces cerevisiae*), sugiriendo que el simbiótico es un aditivo apropiado para estimular el crecimiento esto concuerda con lo reportado por (Lara-Flores et al. 2002) para tilapia y bagre de canal. Si bien los resultados obtenidos en cuanto a incremento en peso y talla, adicionalmente al utilizar levadura existió un incremento en la supervivencia de juveniles.

Cuadro 2. Utilización de simbióticos en Unidades de Producción Acuícola de Puebla, México.

UNIDAD DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	SIMBIÓTICO	ADITIVOS	PROCESO	RESULTADOS
1.- BAGRE	SEMI INTENSIVA	(Eco-Aquaprotect [®]), Bacterias ácido lácticas (BAL), <i>Bacillus subtilis</i> (10 ¹⁰ UFC/mL), <i>Bacillus polymixa</i> (10 ¹⁰ UFC/mL), <i>Brevibacillus</i> <i>laterosporus</i> (10 ¹⁰ UFC/mL) y levaduras, <i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> (10 ⁹ UFC/mL)	(Eco-Nutrimax [®])	ENGORDA	INCREMENTO 30 %
2.- TILAPIA	INTENSIVA	(Aqua Booster [®]), <i>Lactobacillus sp.</i> (3.7 x 10 ⁷ UFC/g), <i>Bacillus sp.</i> (9.3 x 10 ⁷ UFC/g), <i>Enterococcus</i> <i>faecium</i> (1.7 x 10 ⁷ UFC/g), <i>Saccharomy cerevisiae</i> (6.0 10 ⁹ UFC/g),	(Aquabooster [®])	CRECIMIENTO Y ENGORDA	INCREMENTO 15 % CREC 40 % ENGORDA
3.- TRUCHA ARCOIRIS	INTENSIVA	Aislado de tracto digestivo de Truchas criollas (Santa Rita Tlahuapan) <i>Lactobacillus sp</i> (4.0 x 10 ⁶ UFC/g), <i>Bacillus sp.</i> (9.5 x 10 ⁶ UFC/g), <i>Citrobacter</i> <i>gillenii</i> (2.0 x 10 ⁶ UFC/g), <i>Shewanella marinus</i> (2.3 x 10 ⁶ UFC/g), <i>Saccharomy</i> <i>cerevisiae</i> (6.0 10 ⁷ UFC/g)		ENGORDA Y REPRODUCCION	INCREMENTO ENGORDA 25 % REPRO 15 %
4.- AJOLOTE	LABORATORIO	(PROBION-forte [®]) <i>Bacillus subtilis</i> (1.0 x10 ⁸ UFC/g), <i>Bacillus</i> <i>coagulance</i> (1.0 x10 ⁸ UFC/g) <i>Clostridium</i> <i>butiricum</i> (1.0x10 ⁷ UFC/g) + enzimas y <i>Rhodopseudomona</i> <i>capsulata</i> + levaduras <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (10 ⁶ UFC/mL).	LEVADURAS PROPIAS	REPRODUCCIÓN	INCREMENTO 52 %

Fuente: elaboración propia

Tilapia.

A pesar de la importancia de los probióticos es importante resaltar que la utilización del concentrado comercial para levante de juveniles de tilapia resultó ser una buena alternativa de alimentación, esto debido al fácil almacenamiento, costos accesibles y menor contaminación con relación a la utilización de harinas de pescado. Esto

concuera con lo registrado por: Pérez (2004), quien encontró que, en una fase de engorde de juveniles en jaulas, el concentrado obtuvo un mejor desempeño en peso y talla que aquellos alimentados con alimento tradicional.

Trucha arcoíris.

A partir de muestras de sedimentos y del tracto gastrointestinal de truchas criollas de Santa Rita Tlahuapan, se aislaron cepas pertenecientes a los géneros *Lactobacillus* sp., *Leuconostoc* sp., *Pediococcus* sp., *Francisella* sp. y *Enterococcus*. Se estudió la capacidad inhibitoria de las (BAL) aisladas sobre el crecimiento de *Yersinia*, *Aeromonas* y *Lactococcus*.

En un trabajo posterior se aislaron adicionalmente a *Lactobacillus* sp, *Bacillus* sp., *Citrobacter*, además se inoculo con *Shewanella marinus* (2.3×10^6 UFC.g⁻¹), y *Saccharomy cerevisiae* (6.0×10^9 UFC.g⁻¹) esto coincide con lo reportado por (Sica 2013, Castrejón-Nájera 2008). Aplicado a juveniles en engorda y reproductores. Cabe señalar que es esta granja se cuenta adicionalmente con tecnologías Biofloc y Aquamimciry + zeolitas, son en realidad dos tecnologías simbióticas. Por lo que la presencia de bioflóculos o coloides aumenta la seguridad en la actividad acuícola, reducción de enfermedades, reducción de costos de alimentación, aumento de la calidad de agua y cuidado ambiental (no utilización de harinas de pescado en el alimento, recambio

cero de agua y no adición de productos químicos) entre otros.

Ajolote.

En este estudio se analizó la reproducción de 10 ajolotes (*Ambystoma velasci*) con un simbiótico. Los ajolotes fueron alimentados durante 50 semanas con *Artemia* sp. y lombrices + simbiótico. Los resultados obtenidos revelaron una mejora significativa en el tratamiento comparativo con las parejas sin simbiótico, estos resultados están acorde con lo registrado con anterioridad por Velasco y colaboradores (2021) para *Ambystoma mexicanum* en engorda de juveniles, igualmente a nivel laboratorio. Estos resultados son importantes en México, ya que estos organismos representan un gran valor biocultural y comercial y estas investigaciones permitirán reducir la presión en su hábitat natural, dando paso a un aumento de producción *ex situ*.

CONCLUSIONES

En el país, el uso de simbióticos para la acuicultura es una práctica relativamente nueva, puesto que poco se conoce sobre las especies de microorganismos con capacidad simbiótica (especies nativas). Se requieren,

estudios a profundidad, que permitan conocer cuáles son las cepas con posible capacidad probiótica o simbiótica, aisladas de las mismas especies que se verán beneficiadas y así implementar trabajos de investigación que permitan dar solución a los problemas de salud de los animales de manera sustentable. Otros beneficios paralelos son el aumento de la seguridad en la actividad acuícola, reducción de enfermedades, reducción de costos de alimentación, aumento de la calidad de agua y cuidado del medio ambiente (no utilización de harinas de pescado en el alimento, recambio cero de agua y no adición de productos químicos) fomentando la producción de alimentos de calidad y disponibilidad en el contexto de la seguridad alimentaria, es decir completamente alineados con los objetivos de desarrollo sustentable 2030 entre otros.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer todas las facilidades otorgadas por las UPAS colaboradoras que facilitaron su información productiva y comercial confidencial para la elaboración de este estudio.

REFERENCIAS

- Akhter, N., Wu, B., Memon, A. M., & Mohsin, M. (2015). Probiotics and prebiotics associated with aquaculture: a review. *Fish & shellfish immunology*, 45 (2), 733-741.
- Bauer, S. A. W., Schneider, S., Behr, J., Kulozik, U., & Foerst, P. (2012). Combined influence of fermentation and drying conditions on survival and metabolic activity of starter and probiotic cultures after low-temperature vacuum drying. *Journal of Biotechnology*, 159 (4), 351-357.
- Bosscher, D., Van Loo, J., Franck, A. (2006). Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *International Dairy Journal*, 16 (10), 92–109.
- Castrejón-Nájera, J. (2008). *Caracterización de weissella ceti aislada en brotes septicémicos de granjas de trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss) de México* (Master's thesis, Universidad Autónoma del Estado de México).
- Celdrán Sabater, D. (2022). Acuicultura Simbiótica como Nuevo Paradigma Productivo: Reduciendo Impactos y Aumentando Beneficios. *Avances En Nutrición Acuicola*, 1 (1), 28–34. Recuperado

a partir de
<https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/view/353>

Cerezuela, R., Guardiola, F. A., Meseguer, J., & Esteban, M. Á. (2012). Enrichment of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diet with microalgae: effects on the immune system. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38, 1729-1739.

Collins, M. D., & Gibson, G. R. (1999). Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *The American journal of clinical nutrition*, 69 (5), 1052s-1057s.

Eco Technologies Solutions, (2017).
<https://www.omri.org/es/mfg/eth>

FAO (The State of World Fisheries and Aquaculture, SOFIA). (2020). [En línea]. Rome, Italy: FAO, 2020 [Fecha de consulta: agosto 2020].
<https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229es> ISBN: 978-92-5-132756-2

FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations- World Health Organization). (2001). Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. Food and Agriculture Organization

and World Health Organization Joint report. Disponible en línea en:
<http://www.fao.org/3/aa0512e.pdf>
(consultado el 7 abril 2023).

Ferreira, G. S., Bolivar, N. C., Pereira, S. A., Guertler, C., do Nascimento Vieira, F., Mourinho, J. L. P., & Seiffert, W. Q. (2015). Microbial biofloc as source of probiotic bacteria for the culture of *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 448, 273-279.

Gaggia, F., Mattarelli, P., & Biavati, B. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International journal of food microbiology*, 141, S15-S28. F., Matarrelli, P., Biavati, P. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *International Journal of Food Microbiology*, 141, 15–28

Hai, N. V. (2015). The use of probiotics in aquaculture. *Journal of Applied Microbiology* 119: 917-935. doi:10.1111/jam.12886.

Lara-Flores, M., Briones, L., & Olvera-Novoa, M. (2002). Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). En: Avances en Nutrición Acuicola. L.E. Cruz Suárez, D. Ricque-

Marie, M. Tapia-Salazar, M.G. Gaxiola-Cortés y N. Simoes (Eds.). Memorias del VI Simp. Internacional de Nutrición Acuícola. 3 al 6 de septiembre del 2002. Cancún, Quintana Roo, México.

Merrifield, D. L., Dimitroglou, A., Foey, A., Davies, S. J., Baker, R. T., Børgwald, J., ... & Ringø, E. (2010). The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. *Aquaculture*, 302 (1-2), 1-18.

Mona, M. H., Rizk, E. S. T., Salama, W. M., & Younis, M. L. (2015). Efficacy of probiotics, prebiotics, and immunostimulant on growth performance and immunological parameters of *Procambarus clarkii* juveniles. *The Journal of Basic & Applied Zoology*, 69, 17-25.

Newaj-Fyzul, A., Al-Harbi, A. H., & Austin, B. (2014). Developments in the use of probiotics for disease control in aquaculture. *Aquaculture*, 431, 1-11.

Kuhn, D. D., Lawrence, A. L., Boardman, G. D., Patnaik, S., Marsh, L., & Flick Jr, G. J. (2010). Evaluation of two types of bioflocs derived from biological treatment of fish effluent as feed ingredients for Pacific white

shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 303 (1-4), 28-33.

Tan, L. T. H., K. G. Chan, L. H. Lee & B. H. Goh. (2016). *Streptomyces* bacteria as potential probiotics in aquaculture. *Frontiers in microbiology* 7: 1-8. doi:10.3389/fmicb.2016.00079

Parker, R. B. (1974). Probiotics: the other half of the antibiotic story. *Animal Nutrition Health* 29: 4-8.

Pérez, I. (2004). Evaluación del periodo de levante de alevinos y juveniles del bagre estuarino *Ariopsis bonillai* (Miles, 1945) en jaulas fijas, en una laguna costera. (CGSM). Tesis Ingeniería Pesquera, Univ. del Magdalena. Santa Marta, Colombia.

Rao, B. M. & K. V. Lalitha. (2015). Bacteriophages for aquaculture: are they beneficial or inimical. *Aquaculture* 437: 146-154.

Sica, M. G. (2013). Bacterias lácticas del estuario de Bahía Blanca: evaluación de sus propiedades probióticas para su potencial uso en el cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), Tesis doctoral, Universidad nacional del Sur, Argentina, 219 pp.

Velasco, S. J., Arroyo, D. M., González, A. M., Hernández, M. P. A., Beltrán, R. S. A., Aquino, P. R. I. & Retana, O. D. A. (2021). Growth and survival of the axolotl (*Ambystoma mexicanum*), fed with the probiotic PROBION-forte[®], under laboratory conditions, *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 2021; 9(5): 45-51