
EL ESTADO DEL ARTE DE LOS PROBIÓTICOS
EN LA ACUICULTURA

THE STATE OF THE ART OF PROBIOTICS IN
AQUACULTURE

Álvarez Narváez David Jordi
Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera
Universidad Autónoma de Nayarit

Recibido: 10/09/2023

Aceptado: 13/10/2023

DOI: 10.60113/ap.v9i18.127

RESUMEN

Actualmente la acuicultura produce la mitad de los organismos del medio acuático que se consume en el mundo, en México esta actividad debe tender a la sustentabilidad, propiciando que los medios de producción y los productos obtenidos incrementen su calidad y cantidad, se diversifiquen y disminuyan su impacto ambiental. Por lo anterior en este trabajo se analizó información referente al uso de probióticos en la acuicultura y su perspectiva actual de desarrollo en México y el mundo; para ello se compiló la literatura disponible sobre probióticos en procesos relacionados con las técnicas acuícolas, con énfasis en la evaluación de los efectos positivos en la producción y sustentabilidad de los cultivos. La información analizada permite establecer que, la resistencia de los microorganismos patógenos a antibióticos se ha vuelto un problema en esta actividad cuando se desea prevenir o tratar enfermedades en las especies cultivadas, además de que en los cultivos se pretende lograr que los organismos crezcan en menos tiempo y con ello mejorar su medio, haciendo énfasis en la calidad de los suelos y del agua en donde se realizan dichos cultivos. Se ha demostrado que los probióticos en la acuicultura pueden tener grandes beneficios, como, por ejemplo: estimular la respuesta inmune, incrementar la sobrevivencia de las post-larvas, estimular el sistema digestivo para un mayor aprovechamiento de nutrientes, asimismo incrementar la resistencia a enfermedades de los organismos, estimular el crecimiento y por último reducir significativamente la producción de residuos contami-

nantes. Los probióticos más utilizados son las bacterias ácido lácticas, los géneros más utilizados son *Bacillus* y *Streptomyces*, además de microalgas y levaduras. En México se han realizado estudios del uso de probióticos en procesos de producción acuícola y se han realizado diversos trabajos acerca del efecto benéfico o adverso hacia los organismos cultivados, pero aún falta estudiar más los efectos que presentan los probióticos en los organismos de interés acuícola. Los sectores involucrados deben poner especial atención en el uso de estos productos y sus efectos, ya que sin duda representan un gran potencial ecológico-ambiental, económico y social en el ámbito de la acuicultura.

Palabras clave: Acuicultura, *Bacillus*, *Streptomyces*, Probióticos

ABSTRACT

Currently, aquaculture produces half of the organisms in the aquatic environment that are consumed in the world. In Mexico, this activity must tend towards sustainability, ensuring that the means of production and the products obtained increase their quality and quantity, diversify and decrease its environmental impact. Therefore, in this work, information regarding the use of probiotics in aquaculture and its current development perspective in Mexico and the world was analyzed; To this end, the available literature on probiotics in processes related to aquaculture techniques was compiled, with emphasis on the evaluation of the positive effects on the production and sustainability of crops. The information analyzed allows us to establish that the resistance of pathogenic microorganisms to antibiotics has become a problem in this activity when it is desired to prevent or treat diseases in cultivated species, in addition to the fact that in crops the aim is to ensure that the organisms grow in less time. time and thereby improve their environment, emphasizing the quality of the soils and water where these crops are grown. It has been shown that probiotics in aquaculture can have great benefits, such as: stimulating the immune response, increasing the survival of post-larvae, stimulating the digestive system for greater use of nutrients, and also increasing resistance to diseases. of organisms, stimulate growth and finally significantly reduce the production of polluting waste

The most used probiotics are lactic acid bacteria, the most used genera are *Bacillus* and *Streptomyces*, as well as microalgae and yeasts. In Mexico, studies have been carried out on the use of probiotics in aquaculture production processes and various works have been carried out on the beneficial or adverse effect on cultured organisms, but there is still a need to study more the effects that probiotics have on organisms of aquaculture interest. The sectors involved must pay special attention to the use of these products and their effects, since they undoubtedly represent great ecological-environmental, economic and social potential in the field of aquaculture.

Keywords: Aquaculture, *Bacillus*, *Streptomyces*, Probiotics

INTRODUCCIÓN

Historia de la Acuicultura.

La acuicultura o acuícultura es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas vegetales y animales. Estas especies se desarrollan en diversos cultivos ya sea de agua salada o dulce, bajo condiciones totalmente controladas y al cuidado de ingenieros pesqueros zootecnistas, ingenieros acuícolas y biólogos marinos, la acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para producir alimentos y aprovechar los recursos acuáticos, la actividad se ha desarrollado para sumarse a la pesca y complementarla (INAES, 2018).

Sin embargo, esta no es una práctica reciente, la producción de peces en estanques, es una práctica antigua, presumiblemente desarrollada por los primeros agricultores como uno de los muchos sistemas de producción primaria dirigidos a asegurar el aprovisionamiento de alimentos. Las referencias más antiguas sobre esta práctica datan de hace aproximadamente 4 000 años, en China, y de 3 500 años, en la Mesopotamia. Ya, en la China antigua, durante la dinastía de Han Oriental (25 a 250 d. J. C.) fue documentada la producción combinada de arroz y de peces. La cría de peces también era practicada por los antiguos romanos de la época imperial, la cual, más tarde se convertiría en parte del sistema de producción alimentaria de los Monasterios Cristianos de Europa Central (Sánchez, 2017).

Claro que la acuicultura se ha desarrollado en diferentes fases desde la antigüedad hasta la época actual. Desde la época del imperio romano que cayó en declive, hasta que los monasterios y abadías de la Edad Media lograron recuperar las técnicas, y dando un gran salto en el tiempo hasta llegar al siglo XIX cuando se crea en Huningue (Francia) el primer centro de estudios sobre acuicultura.

La Acuicultura en México.

En materia de acuicultura nuestro país registra antecedentes desde el siglo pasado y a partir de la década de los cincuenta inicia su desarrollo formal con la creación de amplios cultivos extensivos o de carácter experimental. Y desde 1923 en México se define como “el aprovechamiento de las aguas y riberas para la cría y reproducción de animales”, a mediados de los cincuenta y los años sesenta la piscicultura de repoblación tuvo un incremento intenso, buscando repoblar las aguas dulces con una orientación de beneficio social, es decir, lograr resolver problemas de las comunidades donde se instalaron los centros acuícolas que se dedicaron a la reproducción de carpa espejo (FAO, 2019).

En los ochentas se comenzó la producción para fines meramente comerciales, y se ha logrado que la acuicultura en América Latina mantenga el crecimiento más elevado a escala global, superando constantemente el 9% anual promedio en las últimas dos décadas. Colocándola como el sector primario productor de alimentos con mayor desarrollo. En México se ha dividido en dos grandes vertientes, la producción de peces para el consumo humano y la producción de peces de ornato. Profundizando un poco en la primera rama de producción, comer pescado forma parte de la tradición cultural mexicana y es una excelente fuente de proteínas, ácidos grasos, minerales y nutrientes esenciales en la dieta del hombre (INAES, 2018).

La producción de proteína de especies acuáticas, derivada de la pesca de captura y de la acuicultura (a pesar de su impresionante incremento productivo en los últimos 40 años), muestra grandes contrastes entre países desarrollados y en desarrollo en cuanto avance tecnológico, eficiencia productiva y reducción de niveles de impacto ambiental. En México (y gran parte de Latinoamérica), la pesca de captura de las especies de escama marinas más

importantes, se encuentran sobreexplotadas. Mientras la producción acuícola se ha incrementado y mantenido en las últimas dos décadas en nuestro país, su desarrollo también presenta grandes niveles de desigualdad productiva y económica a nivel regional o estatal (Inzunza-Montoya, 2014).

Actualmente, las principales especies de acuicultura en México son el camarón (150 mil 76 toneladas); mojarra tilapia (149 mil 54 toneladas); ostión (45 mil 148 toneladas), carpa (30 mil 300 toneladas) y trucha (siete mil toneladas) y los principales estados productores son Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Veracruz. (FAO, 2021).

Principales problemas que se presentan en la acuicultura.

La acuicultura se enfrenta a diversos problemas como son las enfermedades infecto-contagiosas, que se presentan a menudo como un factor limitante que pueden determinar la rentabilidad de las empresas. Si bien el uso de antibióticos es el método más rápido para controlar este problema, al día de hoy, hay un creciente reconocimiento de sus limitaciones en la acuicultura, debido a que en algunos casos, más que proporcionar una solución, puede ocasionar efectos adversos en la salud de los animales mediante la activación de la toxicidad, la resistencia antibiótica, producción de residuos, etc., dando lugar a graves consecuencias medio ambientales, y en ciertas ocasiones, problemas en la salud pública (Irianto y Austin, 2002).

Es por ello que un diagnóstico rápido y preciso de las enfermedades infecto-contagiosas, la aplicación de medidas preventivas y unos estudios epidemiológicos precisos, constituyen la clave para minimizar el impacto de estas enfermedades en la acuicultura. Por ello, hoy en día las investigaciones se centran en la búsqueda de métodos profilácticos alternativos que sean amigables con el medio ambiente y contribuyan a una mejor producción, limitando el uso de antibióticos, lo cual lleva al uso de probióticos en acuicultura como una alternativa viable al uso de antibióticos, debido a que el beneficio que juegan las bacterias no patógenas para proteger a su huésped contra infecciones es enorme, así como los efectos positivos sobre el crecimiento, supervi-

vencia, y en general, sobre el bienestar animal (Parker, 1974).

Historia de los probióticos.

Si nos remontamos en la historia, el uso de probióticos no es algo novedoso, ya que su utilización está ampliamente estudiada tanto en humanos como en animales terrestres. Los estudios en humanos los inició Elie Metchnikoff (1907), quien postuló que las bacterias ácido lácticas ofrecían beneficios a la salud y llevaban a la longevidad, sugiriendo que la “autointoxicación intestinal” y el envejecimiento resultante, podría suprimirse modificando la microbiota intestinal utilizando microbios útiles para sustituir a los microbios proteolíticos como *Clostridium*, desarrollando así una dieta con leche fermentada por una bacteria a la que denominó “bacilo búlgaro”, y que en la actualidad es lo que conocemos como yogur (Fuller, 1989).

En 1989, Fuller introdujo la idea de que los probióticos tienen un efecto beneficioso para el huésped mejorando su balance intestinal. Por otra parte, los probióticos también se definen como células microbianas que una vez suministradas entran al tracto gastrointestinal y se mantienen vivas contribuyendo a mejorar la salud de los animales.

La mayoría de los intentos para crear probióticos, se habían llevado a cabo aislando y seleccionando cepas de ambientes acuáticos. Por ello, Moriarty en 1998, sugiere que la definición de un probiótico en acuicultura debería incluir una fuente viva de bacteria tanto a tanques como a estanques donde viven los peces.

Concepto de Probióticos.

Hasta la fecha, el término probiótico ha recibido multitud de definiciones, pero una de las más completas, en la que se incluye la importancia de la microbiota, ha sido propuesta en el año 2000 por Verschuere, que define a un probiótico como “suplemento vivo microbiano que tiene efectos beneficiosos en el hospedador modificando la flora asociada al mismo y la flora asociada al ambiente”. Sin embargo, Reid en 2003, modifica este concepto incluyendo la frase “cuando son administradas en cantidades adecuadas, confieren un beneficio saludable para el huésped”.

En 2005 Salminen, sugirió que los probióticos pueden ser parte de una microbiota gastrointestinal saludable, y que su adición puede ayudar a devolver los beneficios a una microbiota perturbada.

La palabra probiótico se origina de dos vocablos griegos “pro” y “bios” que significa “para la vida”. Dicho término fue introducido por primera vez en 1965 por Lilly y Stillwell. A diferencia de los antibióticos, se definió al probiótico como aquel factor de origen microbiológico que estimula el crecimiento de otros organismos. Posteriormente la palabra probiótico fue aplicada para referirse a extractos de tejido que estimulan el crecimiento bacteriano. Sin embargo, en 1974 Parker, fue el primero en utilizar el término probiótico de acuerdo a las definiciones actuales, es decir, “organismos o sustancias que contribuyen al equilibrio microbiano intestinal” (Gateusope, 1999).

La mayoría de estas definiciones se refieren más al hombre y a mamíferos, ya que son en ellos donde se han realizado la mayor parte de estos estudios. Por lo tanto, se deben tener en cuenta ciertas consideraciones antes de aplicarlas en acuicultura debido a que, en animales acuáticos, el microbiota depende del medio en el que están en constante interacción, siendo este medio, la dieta y la edad, los responsables de la misma, llegando ésta a ser estable en la etapa adulta del animal.

Uso de probióticos en la Acuicultura.

La primera historia exitosa en la selección de probióticos del medio acuático ha sido lograda con larvas de crustáceos. En Japón. Nogami y Maeda (1992), aislaron una cepa bacteriana que reprime el crecimiento del *Vibrio spp.* patógeno, e incrementa la producción de la larva del cangrejo *Portunus trituberculatus*. En laboratorios de crianza ecuatorianos, Griffith (1995) reportó que larvas de camarón fueron afectadas por una enfermedad bacteriana caracterizada por un descenso en cantidades de *Vibrio alginolyticus* y el incremento de *V. parahaemolyticus*. Esta cepa de *V. alginolyticus* fue exitosamente empleada para curar la enfermedad.

Después, el efecto de este probiótico fue investigado por Austin *et al.* (1995) quienes observaron que el sobrenadante del cultivo inhibió a los patógenos

de los peces in vitro; el probionte sobrevivió en el intestino del salmón Atlántico después de tres semanas; un baño preliminar con el probionte mejoró la sobrevivencia del salmón puesto a prueba con patógenos.

Otro ejemplo, se realizó mediante un baño preliminar con *Pseudomonas fluorescens* que mejoró la resistencia del salmón del Atlántico a *Aeromonas salmonicida* (Smith y Davey, 1993). El mismo efecto fue observado con un baño preventivo de *Vibrio alginolyticus*, el cual también protegió al salmón contra *Vibrio anguillarum* y *Vibrio ordalii* (Austin *et al.*, 1995). Larvas de gurrubata tratadas con bacterias ácido lácticas, u otras especies de *Vibrio*, o *Pseudomona*, incrementaron su resistencia al realizar pruebas con un *Vibrio sp.* Patógeno (Gatesoupe, 1994; 1997). El *Vibrio pelagius* parece ser que protegió a larvas de gurrubata contra *Aeromonas caviae* (Ringo y Vadstein, 1998). *Carnobacterium divergens* mejoró la resistencia de los juveniles de bacalao expuestos a *Vibrio anguillarum* (Gildberg *et al.*, 1997). Una cepa de *Lactococcus lactis* mejoró la tasa de producción de rotíferos expuestos a *Vibrio anguillarum* (Shiri-Harzevili *et al.*, 1998).

La incorporación de probióticos es una herramienta viable para reducir o eliminar la incidencia de microorganismos patógenos, y además constituye una alternativa para la sustitución de agentes quimioterapéuticos en la prevención de enfermedades infectocontagiosas. Por otra parte, también cabe mencionar los beneficios de estos microorganismos a nivel nutricional, aportando enzimas, vitaminas y micronutrientes, contribuyendo así a reducir la mortalidad y a mantener a los organismos saludable, por lo cual para poder seleccionar a los probióticos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Producción de compuestos inhibitorios.
- Competición por compuestos químicos o energía disponible.
- Competición por sitios de adhesión.
- Aumento de la respuesta inmune.
- Mejora de la calidad del agua.
- Contribución enzimática para la digestión.
- Fuente de macro-micronutrientes.

Los probióticos comúnmente usados en acuicultura, incluyen desde bacteria Gram-positivas y Gram negativas, bacteriófagos, levaduras y algas unicelulares. Hoy en día, estos probióticos han sido proba-

dos en dietas artificiales, alimento vivo (artemia y rotíferos) y en agua. A continuación, se detallan los microorganismos más utilizados hasta la fecha en peces, moluscos, equinodermos y crustáceos.

Tabla 1. Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de peces

Probiótico	Especie probada	Referencia
<i>Streptococcus lactis</i>	Larvas de rodaballo	García de la Banda (1992)
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>		
<i>Lactobacillus</i> sp.	Larvas de rodaballo	Gatesoupe (1994)
<i>Carnobacterium</i> sp.		
<i>Vibrio alginolyticus</i>	Salmon atlántico	Austin (1995)
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Salmon atlántico	Gildberg (1995)
<i>Carnobacterium</i> sp.	Salmon atlántico	Jöborn (1997)
<i>Carnobacterium divergens</i>	Bacalao	Gildberg (1997)
<i>Carnobacterium divergens</i>	Alevines de bacalao	Gildberg y Mikkelsen (1998)
<i>Bacillus megaterium</i>	Pez gato	Queiroz y Boyd (1998)
<i>Bacillus polymyxa</i>		
<i>Bacillus subtilis</i>		
<i>Vibrio pelagius</i>	Larvas de rodaballo	Ringo y Vadstein (1998)
G-probiotic	Tilapia nilótica	Naik (1999)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Trucha arcoiris	Gram (1999)
<i>Carnobacterium</i> sp.	Salmón atlántico	Robertson (2000)
Bacterias marinas	Rodaballo	Makridis (2000)
<i>Lactobacillus rhamnosus</i>	Trucha arcoiris	Nikoskelainen (2001)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Salmon atlántico	Gram (2001)
<i>Pseudomonas</i> sp.	Trucha arcoiris	Spanggaard (2001)
Bacteria marina	Rodaballo	Huys (2001)
<i>Enterococcus faecium</i>	Anguila	Chang y Lui (2002)
<i>Bacillus toyoi</i>		
<i>Carnobacterium</i> sp.	Trucha arcoiris	Irianto y Austin (2002)
<i>Vibrio fluvialis</i>		
<i>Aeromonas hydrophyla</i>		
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Abadejo	Gatesoupe (2002)
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Lubina	Tovar (2002)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
<i>Streptococcus faecium</i>	Tilapia nilótica	Lara-Flores (2003)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
<i>Lactobacillus acidophilus</i>		
<i>Aeromonas sobria</i>	Trucha arcoiris	Brunt y Austin (2005)
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Trucha arcoiris	Aubin (2005)
<i>Saccharomyces boulardii</i>		
<i>Micrococcus</i> sp.		
<i>Pseudomonas</i> sp.	Lenguado	Chabrilón (2005)
<i>Roseobacter</i> sp.	Dorada	Makridis (2005)
<i>Cyphofaga</i> sp.		
<i>Lactobacillus delbrückii</i>	Dorada	Salinas (2005)
<i>Bacillus subtilis</i>		
<i>Paracoccus</i> sp.		
<i>Micrococcus</i> sp.	Dorada	Chabrilón (2006)
<i>Vibrio</i> sp.		
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Juveniles de lubina	Carnevali (2006)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Trucha arcoiris	Vendrell (2007)
<i>Lactobacillus plantarum</i>		

Tabla 2. Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de peces.

Probiótico	Especie probada	Referencia
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Trucha arcoiris	Bálcazar (2007)
<i>Lactobacillus sakei</i>		
<i>Lactococcus lactis</i> ssp. <i>lactis</i>		
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Dorada	Reyes-Becerra (2008)
<i>Enterobacter cloacae</i>	Trucha arcoiris	Capkin y Altinok (2008)
<i>Bacillus mojavensis</i>		
<i>Lactobacillus</i> sp	Larvas de dorada	Suzer (2008)
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Larvas de lubina	Picchietti (2009)
<i>Bacillus circulans</i>	Carpa (hindú)	Bandyopadhyay (2009)
<i>Enterococcus</i> sp.	Larvas de bacalao	Lauzon (2009)
<i>Arthrobacter</i> sp.		
<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Juveniles de perca	Gobeli (2009)
<i>Kocuria</i> SM1	Juveniles de trucha	Sharifuzzaman y Austin (2010)
<i>Shewanella</i> sp.	Juveniles de lenguado	García de la Banda (2010)
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Tilapia roja	Ferguson (2010)
<i>Bacillus subtilis</i>	Larvas de dorada	Avella (2010)
<i>Bacillus pumilus</i>		
<i>Bacillus licheniformis</i>		
<i>Debaryomyces hansenii</i>	Larvas de lubina	Tovar-Ramírez (2010)

Tabla 3. Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de moluscos, crustáceos y equinodermos.

Probiótico	Especie probada	Referencia
Moluscos		
<i>Alteromonas</i> sp.	<i>Crassostrea gigas</i>	Douillet y Langdon (1993 y 1994)
Levadura y bacteria	<i>Argopecten purpuratus</i>	Riquelme (1997)
<i>Aeromonas media</i>	<i>Pecten maximus</i>	Gibson (1998)
<i>Roseobacter</i> sp.	<i>Crassostrea gigas</i>	Ruiz-Ponte (1999)
<i>Alteromonas haloplanktis</i>	<i>Argopecten purpuratus</i>	Riquelme (2000)
<i>Vibrio</i> sp.	<i>Argopecten purpuratus</i>	Riquelme (2001)
<i>Pseudomonas</i> sp.		
<i>Bacillus</i> sp.		
<i>Aeromonas media</i>	<i>Haliotis midae</i>	Alavandi (2004)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Crassostrea gigas</i>	Macey y Coyne (2005)
<i>Pseudoalteromonas</i> sp.	<i>Haliotis midae</i>	Doeschate y Coyne (2008)
Equidermos		
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Apostichopus japonicus</i>	Zhang (2010)

Tabla 3. Principales cepas probióticas usadas en acuicultura de moluscos,

Crustáceos		
<i>Thalassobacter utilis</i>	<i>Portunus trituberculatus</i>	Nogami (1997)
<i>Bifidobacteria thermophilum</i>	<i>Penaeus japonicus</i>	Itami (1998)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Phianphak (1999)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Moriarty (1998)
<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Rengpipat (1998)
<i>Saccharomyces</i>		
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Chythanya (2002)
<i>Vibrio hepatarius</i>		
<i>Vibrio sp.</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Balcázar (2003)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Meunpol (2003)
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Vaseeharan y Ramasamy (2003)
<i>Vibrio fluvalis</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Alavandi (2004)
<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Penaeus stylirostris</i>	Castex (2008)
<i>Vibrio fluviales</i>		
<i>Lactobacillus sp.</i>	<i>Macrobranchium rosenbergii</i>	Venkat (2004)
<i>Pediococcus acidilactic</i>	<i>Penaeus chinensis</i>	Li (2006)
<i>Arthrobacter XE-7</i>	<i>Penaeus monodon</i>	Gullian (2004)
<i>Bacillus coagulans</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Zhou (2009)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Tseng (2009)
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Penaeus vannamei</i>	Liu (2010)
<i>Pediococcus acidilactic</i>	<i>Penaeus stylirostris</i>	Castex (2010)
<i>Bacillus sp.</i>	<i>Homarus gammarus</i>	Daniels (2010)

Tabla 4. Principales cepas probióticas usadas en la producción de alimento vivo.

Bacteria ácido láctica	<i>Brachionus plicatilis</i>	Gatesoupe (1991)
Bacteria marina	<i>Chaetoceros ceratosp.orum</i>	Fucami (1992)
<i>Flavobacterium sp.</i>	<i>Chaetoceros gracilis</i>	Suminto e Hirayama (1996 y 1997)
<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>	Shiri-Harzevili (1998)
<i>Aeromonas sp.</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>	Hirata (1998)
Mezcla bacterias	<i>Skeletonema costatum</i>	Rico-Mora (1998)
Bacteria marina	<i>Isochrysis galbana</i>	Avendaño y Riquelme (1999)
Bacterias marinas	<i>Artemia sp.</i>	Verschuere (1999)
<i>Alteromonas sp.</i>	<i>Artemia franciscana</i>	Douillet (2000)
<i>Vibrio alginolyticus</i>	<i>Chaetoceros muelleri</i>	Gómez-Gil (2002)
<i>Saccharomyces boulardii</i>	<i>Artemia franciscana</i>	Orozco-Medina (2002)
<i>Pediococcus acidilactic</i>	<i>Artemia sp.</i>	Gatesoupe (2002)
Bacteria ácido láctica	<i>Artemia sp.</i>	Villamil (2003)
Bacteria ácido láctica	<i>Brachionus plicatilis</i>	Planas (2004)
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Brachionus plicatilis</i>	Asanka Gunasekara (2010)

Bacillus como probiótico en acuicultura.

El género *Bacillus* se ha convertido en los últimos años en un probiótico usado en humanos, productos de origen animal y acuicultura, ya que es reconocido como un microorganismo con potencial antimicrobiano por la diversidad de metabolitos que produce, como son: glucopéptidos, lipopéptidos, péptidos cíclicos, policétidos, enzimas líticas, péptidos no ribosomales y bacteriocinas (Phelan *et al.*, 2012; Álvarez-Cisneros *et al.*, 2017; Kuebutornye *et al.*, 2019). Además, también es utilizado como probiótico para mejorar el crecimiento y captación de nutrientes por su capacidad de sintetizar enzimas digestivas, puede tener efectos inmunorreguladores y de estimulación de la microflora intestinal beneficiosa mejorando así la inmunidad innata y adaptativa del huésped (Van Hai, 2015; Kuebutornye *et al.*, 2019).

Algunos mecanismos de inhibición de patógenos reportados por *Bacillus sp.* utilizados como probióticos en acuicultura son: a) despolarización celular por formación de poros en la membrana celular, b) inhibición del crecimiento por competencia en sitios de adhesión, c) inhibición de la expresión de genes de virulencia (quorum sensing), d) producción de enzimas líticas (proteasas, quitinasas, celulasas, β -1,3-glucanasas), e) inducción de antioxidantes como superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GPx) y f) activando los genes de los moduladores de la inmunidad humoral que pueden actuar a nivel de suero como antibacterianos, por ejemplo la lisozima, peroxidasas, SOD, CAT, proteasas y mieloperoxidasas (MPO), que al aumentar su actividad en el huésped, incrementan la respuesta inmune; o a nivel de la mucosa donde juegan un rol vital en la defensa contra bacterias infecciosas induciendo moléculas que participan en el sistema inmunológico como son: almodulina, interferon, lectina, inmunoglobulinas, aglutinina C, péptidos antimicrobianos, enzimas proteolíticas, y vitelogenina (Kuebutornye *et al.*, 2019).

Las principales especies de *Bacillus* utilizadas como probióticos en acuicultura son: *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. pumilus* y *B. amyloliquefaciens* aisladas principalmente de suelo, agua de estanque, tracto intestinal de peces, algas marinas, esponjas de mar (Prieto *et al.*, 2012; Yi *et al.*, 2018)

Prieto *et al.* (2012) aislaron cepas de *Bacillus sp.* a

partir de algas marinas, arena de mar y agua de mar en Irlanda; identificando a las bacterias marinas como una importante fuente de compuestos antimicrobianos, en particular se identificó la bacteriocina lichenicidina producida por *Bacillus licheniformis* WIT 562, 564 and 566, aisladas de algas (*Polysiphonia lanosa*, Tandy, 1931, *Ulva sp.* y *Ulva lactuca* Linnaeus, 1753, respectivamente).

Género Streptomyces, phylum actinobacteria.

Los actinomicetos son bacterias filamentosas prolíficas Gram positivas que se encuentran ampliamente dispersas en el ambiente, como puede ser suelo, agua estancada y estiércol, aunque recientemente es muy frecuente su aislamiento en ecosistemas marinos (Quiñones-Aguilar *et al.*, 2016); tienen similitud con los hongos, por su morfología, tipo de reproducción y crecimiento en cultivos sólidos y líquidos ya que presenta crecimiento micelar filamentosos formado por hifas enramadas no septadas en medios sólidos y líquidos (Martínez *et al.*, 2017; León *et al.*, 2016), principalmente el género *Streptomyces sp.* es de interés en biotecnología por su potencial de producir diversos metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana (antibióticos), inmunoestimulante, antiparasitaria, y exoenzimas, entre otros, los cuales en un medio acuático contribuyen en la reducción de patógenos como: *Vibrio sp.*, *Aeromonas hydrophila*, *Edwardsiella tarda*, *Aeromonas sobria*; y de la materia orgánica (León *et al.*, 2016; Tan *et al.*, 2016). La principal fuente de aislamiento de *Streptomyces* es el sedimento marino, pero recientemente León *et al.* (2016) aislaron 3 cepas potenciales como probióticos en acuicultura a partir de *Argopecten purpuratus*.

Dharmaraj y Dhevendaran (2010), realizaron el primer estudio utilizando el género *Streptomyces* aislado de esponjas marinas como probiótico para aumentar el crecimiento del pez ornamental *Xiphophorus helleri* (Heckel, 1848), después de 50 días del experimento, los parámetros de crecimiento, tasa de crecimiento, crecimiento relativo y eficiencia de conversión del alimento fue significativamente más alta en los animales alimentados con probióticos, teniendo unos animales más grandes que el control. Ellos concluyeron que las aplicaciones de *Streptomyces* como probiótico deberían jugar un papel importante en la nutrición en la acuicultura, se ha determinado también el potencial antimicrobiano de actinomicetos marinos frente a cepas

S. aureus meticilino-resistentes (MRSA) y *E. faecalis* vancomicina-resistentes (VRE) encontrando que los porcentajes inhibitorios fueron superiores a 85% para ambos patógenos con halos de inhibición mayores a 69 y 78 mm de diámetro para MRSA y VRE respectivamente (León *et al.*, 2011).

García-Bernal *et al.* (2015) aislaron 3 actinomicetos de sedimentos marinos que mostraron buenas características probióticas utilizando técnicas *in vitro* que pueden ser fácilmente implementadas en diferentes instituciones alrededor del mundo.

El género *Streptomyces* ha demostrado tener efectos probióticos entre los cuales se encuentra la producción de compuestos antagonistas, actividad antiviral, actividad antiviral, secreción de exoenzimas, aumenta el crecimiento de los peces, tienen una tolerancia a pH bajos y resisten enzimas intestinales, protección contra patógenos, etc. Sin embargo, se menciona que también tienen 2 grandes limitaciones: la primera es que producen 2 compuestos terpenoides los cuales producen olores y sabores desagradables que tienen un efecto negativo en la acuicultura, pero se ha demostrado que un tratamiento con ozono es un buen removedor de olores, por lo que podría ser una alternativa. La segunda es que existe un riesgo de transferencia de genes resistentes a antibióticos, el cual es un argumento contra el uso de *Streptomyces* en la acuicultura. Sin embargo, ha sido reportada la resistencia a antibióticos de cepas de *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* y *Bacillus* comúnmente usadas como probióticos (Tan *et al.*, 2016). Yang y Sun (2016), desarrollaron el primer agente anti-Vibrio debido a que éste es el patógeno más serio en la acuicultura marina, el extracto crudo de seis *Streptomyces sp.* NHF165 inhibe drásticamente el crecimiento celular de 2 especies de Vibrio, la actinonina fue identificada como el componente funcional y que su efecto es dependiente de la dosis empleada. Los autores concluyeron que los *Streptomyces sp.* de origen marino pueden producir actinonina con actividad anti Vibrio.

Administración de probióticos.

La administración de los probióticos se realiza de manera oral, diluidos en el agua o como aditivos alimenticios, por ejemplo, a los camarones se les administra oralmente (Huang *et al.*, 2006). Sin embargo, el método más comúnmente utilizado en la acuicultura es diluidos en agua (Hai *et al.*, 2009) ya

que la mayoría de los probióticos están diseñados para mezclarse con el alimento (Gomes *et al.*, 2009). Los probióticos como aditivo alimenticio, por ejemplo (*Lactobacillus rhamnosus*), mejoraron la fecundidad del pez cebrá (*Danio rerio*) (Gioacchini *et al.*, 2010). Por lo regular los probióticos se pueden agregar directamente al agua (Gram *et al.*, 1999; Hai *et al.*, 2009) como aditivos para ésta (Cha *et al.*, 2013), o en suspensión bacteriana (Gram *et al.*, 1999). Finalmente, el método de inmersión también es útil (Itami *et al.*, 1998).

Los probióticos pueden aplicarse de manera individual o combinados, se ha observado que los probióticos basados en una sola cepa son menos efectivos que aquellos basados en variedades mixtas (Verschuere *et al.*, 2000; Hai *et al.*, 2009). Por otra parte, los probióticos de múltiples cepas mejoran la protección contra la infección de patógenos. Asimismo, se ha utilizado una combinación de probióticos con prebióticos, inmunoestimulantes o productos vegetales naturales (Hai y Fotedar, 2009). La aplicación combinada de probióticos y prebióticos es conocida como producto simbiótico, puesto que se basa en el principio de proporcionar un probionte con ventaja competitiva sobre poblaciones endógenas competitivas, además de mejorar la supervivencia y la implantación de un suplemento dietético con microorganismos vivos en el tracto digestivo del huésped (Gibson y Roberfroid, 1995). La alimentación simbiótica de *Enterococcus faecalis* y oligosacáridos de manano mostró una mejor relación de conversión alimenticia que la probiótica individual o la aplicación prebiótica sola, toda vez que las aplicaciones de probióticos, prebióticos y simbióticos han elevado el índice de su pervivencia de los animales acuáticos, la salud de estos animales fue mejor en el tratamiento con probióticos, seguido de los que se alimentaron solo con prebióticos o simbióticos.

La encapsulación de los probióticos vivos para la alimentación de los animales acuáticos es una propuesta interesante porque los probióticos pueden permanecer viables o incluso proliferar en la alimentación *in vivo* (Gatesoupe, 1994). Por lo tanto, el huésped puede adquirir los probióticos de manera directa y efectiva. La concentración de probióticos, por ejemplo, en *Artemia* (Gatesoupe 1994; Hai *et al.*, 2010; Daniels *et al.*, 2013), rotíferos (Gatesoupe, 1997) y copépodos

(Sun et al., 2013), podría ser un excelente vehículo para su administración en animales acuáticos (Sun et al., 2013; Daniels et al., 2013). Por ejemplo, se ha encapsulado en *Artemia nauplii* una combinación de *Pseudomonas synxantha* y *Pseudomonas aureoginosa* para langostinos gigantes, *Penaeus latisulcatus* (Hai et al., 2010). Copépodos (*Pseudodiaptomus annandalei*) es un vector adecuado para probióticos *Bacillus spp.* en larvas de mero *Epinephelus coioides* (Sun et al., 2013).

Conclusión

El uso de probióticos en la acuicultura, es una alternativa viable en cuanto a fines productivos en sistemas acuícolas, es por ello que deben de tener en cuenta los aspectos relacionados a los beneficios que se pudieran obtener al implementar un probiótico en los organismos de interés acuícola, por lo cual, es de crucial importancia contar con un estudio previo de lo que se pretende obtener, el manejo que se debe de tener y los posibles impactos tanto en el sistema como en los organismos, pero siempre se deben de cuidar los aspectos negativos que se pudieran presentar, debido a que dependiendo del tipo de probiótico que se empleé, puede provocar algún efecto adverso, es por ello que se deben de cuidar dichos aspectos para poder emplear un método de profilaxis en relación al comportamiento del sistema de producción, para ello es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos: (Tipo de profilaxis que se desea implementar, ¿qué tipo de probiótico se debe emplear?, conocer las características biológicas del organismo en cultivo, las características del probiótico, y los efectos positivos y negativos que se pudieran derivar al implementar dicho probiótico), una vez que se tengan resueltos dichos aspectos, se podría realizar una evaluación o predicción de lo que se pudiera originar al implementar el probiótico seleccionado en el organismo que se tuviera en cultivo, para el caso de México, y de los países que utilizan probióticos en el sector acuícola, se debe de tener en cuenta el potencial que se obtiene en los sistemas acuícolas con base en la aplicación de probióticos, para ello debe de considerarse como un método crucial debido a los siguientes aspectos: promueve el manejo y la utilización racional de los recursos acuáticos, la rehabilitación ambiental y la conservación ecológica, disminuye y amortigua el impacto ambiental que gene-

ran los procesos de producción y fomenta la producción de alimentos en calidad y disponibilidad en el contexto de la seguridad alimentaria. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones sobre este tema, porque, así como se obtienen efectos positivos en los organismos, también se han presentado casos en que provocan efectos negativos, en el organismo en cultivo, en el sistema de cultivo y en la comercialización del producto, por lo cual se deben de trabajar más los aspectos negativos, para poder determinar una posible solución a dichos aspectos y en vez de que le resten créditos a los probióticos se los incrementen.

Referencias Bibliográficas

- Austin, B., Stuckey, L.F., Robertson, P.A.W., Effendi, I. and Griffith, D.R.W. (1995) A probiotic strain of *Vibrio alginolyticus* effective in reducing diseases caused by *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* and *Vibrio ordalii*. *Journal of Fish Diseases*, 18:93-96.
- Álvarez-Cisneros, Y. M., F. J. Fernández y Alcúzar, E. P. (2017). Characteristics of antibacterial peptides produced by bacteria. *Antimicrobial research: Novel bioknowledge and educational programs. Formatex research center*, (2): 35-45.
- Cha, J. H., Rahimnejad, S., Yang, K., Kim, W. y Lee, J. (2013). Evaluations of *Bacillus spp.* as dietary additives on growth performance, innate immunity and disease resistance of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) against *Streptococcus iniae* and as water additives. *Aquaculture*, 402(3): 50-57. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.03.03
- Dharmaraj, S., y Dhevendaran, K. (2010). Evaluation of *Streptomyces* as a probiotic feed for the growth of ornamental fish *Xiphophorus helleri*. *Food Technology and Biotechnology*, (4): 497-504. DOI:10.3856/vol43-issue1-fulltext-11
- Daniels, C. L., Merrifield, E. Ringo, D. y Davies, S. (2013). Probiotic, prebiotic and synbiotic applications for the improvement of larval European lobster (*Homarus gammarus*) culture. *Aquaculture*, 416-417: 396-406. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.08.001
- FAO, (2019). La Acuicultura en México. Obtenido de <https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20acu%C3%ADcola%20en%20M%C3%ADxico>

- FAO, (2021). Las principales especies de interés acuícola en México. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/articulos/acuicultura-en-mexico-genera-una-derrama-economica-por-15-940> mdp#: ~:text=Por%20orden%20de%20importancia%2C%20las,%20osti%C3%B3n%20carpa%20y%20trucha.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal Applied Bacteriology*, 66(3): 365-378.
- Griffith, D.R.W. (1995) Microbiology and the role of probiotics in Ecuadorian shrimp hatcheries. In: Larvi'95 -Fish & Shellfish Larviculture Symposium. *European Aquaculture Society, Special Publication*, 24: 1-478.
- Gildberg, A., Johansen, A. and Bogwald, J. (1995). Growth and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry given diets supplemented with fish protein hydrolysate and lactic acid bacteria during a challenge trial with *Aeromonas salmonicida*. *Aquaculture*, (138): 23-34.
- Gatesoupe, F. J. (1999). The use of probiotic in aquaculture. *Aquaculture*, 180: 147-165.
- Gatesoupe, F. J. (1994). Lactic acid bacteria increase the resistance of turbot larvae, *Scophthalmus maximus*, against pathogenic vibrio. *Aquatic Living Resources*, 12(7): 277-282.
- Gatesoupe, F.J. (1997a) Siderophore production and probiotic effect of *Vibrio sp.* associated with turbot larvae, *Scophthalmus maximus*. *Aquatic Living Resources*, 21(10): 239-246.
- Gomes, L. C., Brinn, J. L., Marcon, L. A., Dantas, F. R., Brand, J. S., De Abreu, P. E., Lemos, M. y McComb, D. M. (2009). Benefits of using the probiotic EfinolL during transportation of cardinal tetra, *Paracheirodon axelrodi* (Schultz), in the Amazon. *Aquatic Research*, 21(8): 157-165.
- Gioacchini, G., Maradonna, F., Lombardo, D., Bizzaro, I., Olivotto, R. y Carnevali, O. (2010). Increase of fecundity by probiotic administration in zebra fish (*Danio rerio*). *Reproduction*, 140(4): 953-959. DOI:10.1530/REP10-014
- García-Bernal, M., Campa-Córdova, A., Saucedo, P., Casanova-González, M., Medina-Marrero, R. y Mazón-Suástegui, J. M. (2015). Isolation and in vitro selection of actinomycetes strain as potential probiotics for aquaculture. *Veterinary World*, 8(2): 170-176. DOI:10.14202/vetworld.2015.170-176.
- Gram, L., Melchiorson, B., Spanggaard, I., Huber, S. Y Nielsen, T. (1999). Inhibition of *Vibrio anguillarum* by *Pseudomonas fluorescens* strain AH2-a possible probiotic treatment of fish. *Applied Environmental Microbiology*, 65(8): 969-973.
- Gibson, R. y Roberfroid, M. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *Journal of Nutrition*, 125(5): 1401-1412. DOI:10.12691/jfnr-1-3-1.
- Huang, X., H. Zhou & H. Zhang. 2006. The effect of Sargassum fusiforme polysaccharide extracts on vibriosis resistance and immune activity of the shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. *Fish Shellfish Immunology*, 20(5): 750-757. DOI: 10.1016/j.fsi.2005/09.008.
- Hai, N., Buller, N. y Fotedar, R. (2009). Effects of probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *P. aeruginosa*) on the growth, survival and immune parameters of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus*, Kishinouye, 1896). *Aquatic Research*, 40(4): 590-602.
- Hai, N. y Fotedar, R. (2009). Effects of probiotics (*Pseudomonas synxantha* and *P. aeruginosa*) on the growth, survival and immune parameters of juvenile western king prawns (*Penaeus latisulcatus*, Kishinouye, 1896). *Aquatic Research*, 40(3): 590-602.
- Hai, V., Buller, N. y Fotedar, R. (2010). Encapsulation capacity of *Artemia nauplii* with customized probiotics for use in the cultivation of western king prawns (*Penaeus latisulcatus*, Kishinouye, 1896). *Aquatic Research*, 41(5): 893-903.
- INAES (2018). El estado de la Acuicultura en América Latina. Obtenido de <https://cuartoslimpiosmexico.com/situacion-actual-de-la-acuicultura-en-mexico/>
- Inzunza-Montoya, A. (2014). La maricultura es la industria del futuro. In: Cámara de Diputados & Poder Legislativo Federal (eds.). *Acuicultura. Alternativa para la Seguridad Alimentaria*. LXII Legislatura. México, 37(6): 13-19.
- Itami, T., Asano, K., Tokushige, K., Kubono, A., Nakagawa, A. N., Takeno, H., Nishimura y Maeda, M. (1998). Enhancement of disease resistance of kuruma shrimp, *Penaeus japonicus*, after oral administration of peptidoglycan derived from *Bifidobacterium thermophilum*. *Aquaculture*, 164(9): 277-288.
- Irianto, A. y Austin B. (2002). Probiotics in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, 25(6): 633-642.

- Kuebutornye, F. K., E. D. Abarike y Lu, Y. (2019). A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture. *Fish & shellfish immunology*, 23(87): 820-828. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.02.010.
- León, J., Aponte, N., Cuadra, L., Galindo, M., Jaramillo, M., Vallejo, S. y Marguet, E. (2016). Actinomicetos aislados de *Argopecten purpuratus*, productores de enzimas extracelulares y con actividad inhibitoria de patógenos marinos. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51 (1): 69-80. DOI:10.4067/S0718-19572016000100007.
- León, J., Aponte, R., Rojas, D. L., Cuadra, N., Ayala, G. y Guerrero, M. (2011). Estudio de actinomicetos marinos aislados de la costa central del Perú y su actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* meticilina resistentes y *Enterococcus faecalis* vancomicina resistentes. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 28(2): 237-246.
- Moriarty, D. (1998). Control of luminous *Vibrio* species in penaeid aquaculture ponds. *Aquaculture*, 164(5): 351-358.
- Martínez, Z. E., Aguilar, G. R., y Enríquez, A. (2017). Potencial biotecnológico de las actinobacterias aisladas de suelos de México como fuente natural de moléculas bioactivas: compuestos antimicrobianos y enzimas hidrolíticas. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 21(63): 39-51.
- Nogami, K. and Maeda, M. (1992) Bacteria as bio-control agents for rearing larvae of the crab *Portunus trituberculatus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49, 2373-2376.
- Prieto, M. L., Sullivan, S. P., Tan, P., Mc-Loughlin, H., Hughes, P. M., Connor, O. y Gardiner, G. E. (2012). Assessment of the bacteriocinogenic potential of marine bacteria reveals lichenicidin production by seaweed-derived *Bacillus* spp. *Marine drugs*, 10 (10): 2280-2299. DOI:10.3390/md10102280.
- Parker, R. B. (1974). Probiotics, the other half of the Antibiotic Story. *Animal Nutrition and Health*, 29 (4): 4-8.
- Phelan, R. W., J. A. Halloran, J., Kennedy, J. P. Morrissey, A. D., Dobson, F. y Barbosa, T. (2012). Diversity and bioactive potential of endospore-forming bacteria cultured from the marine sponge *Haliclona simulans*. *Journal of applied microbiology*. 112 (1): 65-78. DOI:10.1111/j.1365-2672.2011.05173.
- Quiñones-Aguilar, E., Evangelista-Martínez, Z. y Rincón-Enríquez, G. (2016). Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica, *Elementos*, 28(101): 59-64.
- Reid, G., Jass J., Sebulsky MT., McCormick, J. K. (2003). Potential uses of probiotics in clinical practice. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(9): 658-672.
- Ringo, E. y Vadstein, O. (1998) Colonization of *Vibrio pelagius* and *Aeromonas caviae* in early developing turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. *Journal of Applied Microbiology*, 14(84): 227-233.
- Sánchez, R. (2017). Historia de la Acuicultura, obtenido de <https://www.gob.mx/inaes/articulos/acuicultura-historia-y-actualidad-en-mexico?idiom=es#:~:text=La%20acuicultura%20se%20enfoca%20en,remontan%20al%20a%20C3%B1o%203800%20a.c.&text=La%20acuicultura%20%20acuicultura%20es,especies%20acu%20A1ticas%20vegetales%20y%20animales>.
- Salminen, S.P.; Gueimonde, M.; and Isolauri, E. (2005). Probiotics that modify disease risk. *Journal of Nutrition*, 135(6): 1294-1298.
- Shir Harzevili, A.R., Van Duffel, H., Dhert, P., Swings, J. y Sorgeloos, P. (1998) Use of a potential probiotic *Lactococcus lactis* AR21 strain for the enhancement of growth in the rotifer *Brachionus plicatilis*. *Aquaculture Research*, 14(29): 411-417.
- Smith, P. y Davey, S. (1993). Evidence for the competitive exclusion of *Aeromonas salmonicida* from fish with stress-inducible furunculosis by a fluorescent pseudomonad. *Journal of Fish Diseases*, 16(4):521-524.
- Sun, Y. Z., Yang, K. P., Huang, J. D. y Zhang, C. (2013). Application of autochthonous *Bacillus* bio-encapsulated in copepod to grouper *Epinephelus coioides* larvae. *Aquaculture*, 392(3): 44-50. DOI: 0.1016/j.aquaculture.2013.01.037.
- Tan, L., Chan, L., Lee, H. y Goh, B. (2016). *Streptomyces* bacteria as potential probiotics in aquaculture. *Frontiers in microbiology*, 14(7): 1-8. DOI:10.3389/fmicb.2016.00079.
- Verschuere, L.; Rombaut G.; Sorgeloos P.; Verstraete W. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology*, 64(5): 655-671.
- Van Hai, N. (2015). Research findings from the use of probiotics in tilapia aquaculture: a review. *Fish Shellfish Immunology*, 14(45): 592-597. DOI: 10.1016/j.fsi. 2015.05.026.

- Yi, Y., Zhang, F., Zhao, H., Liu, L., Yu, J. y Wang, G. (2018). Probiotic potential of *Bacillus velezensis* JW: antimicrobial activity against fish pathogenic bacteria and immune enhancement effects on *Carassius auratus*. *Fish Shellfish Immunology*, 16(78): 322-330. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.04.055.
- Yang, N. y Sun, C. (2016). The inhibition and resistance mechanism of actinonin, isolated from marine *Streptomyces* sp. NHF 165, against *Vibrio anguillarum*. *Frontiers in Microbiology*, 23(7): 1467-1478. DOI:10.3389/fmicb.2016.01467.

