



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

USO DE PROBIÓTICOS EN EL CULTIVO DE CAMARÓN COMO
ALTERNATIVA A LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES

JIMBO JARAMILLO JEFFERSON ISRAEL
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

USO DE PROBIÓTICOS EN EL CULTIVO DE CAMARÓN COMO
ALTERNATIVA A LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES

JIMBO JARAMILLO JEFFERSON ISRAEL
INGENIERO ACUÍCULTOR

MACHALA
2018



UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA

EXAMEN COMPLEXIVO

USO DE PROBIÓTICOS EN EL CULTIVO DE CAMARÓN COMO ALTERNATIVA A
LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES

JIMBO JARAMILLO JEFFERSON ISRAEL
INGENIERO ACUÍCULTOR

QUIZHPE CORDERO PATRICIO FREDY

MACHALA, 10 DE ENERO DE 2018

MACHALA
10 de enero de 2018

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Uso de probióticos en el cultivo de camarón como alternativa a la prevención de enfermedades, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



QUIZHPE CORDERO PATRICIO FREDY

0701801979

TUTOR - ESPECIALISTA 1



RIVERA INTRIAGO LEONOR MARGARITA

0702400292

ESPECIALISTA 2



SOLANO MOTOCHÉ GALO WILFRIDO

0703062083

ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 07 de febrero de 2018 - 15:58

Urkund Analysis Result

Analysed Document: URKUND-JEFFERSIN JIMBO.docx (D34075843)
Submitted: 12/20/2017 5:48:00 PM
Submitted By: pquizhpe@utmachala.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

urkund Italo.docx (D25034791)

Instances where selected sources appear:

4

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, JIMBO JARAMILLO JEFFERSON ISRAEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Uso de probióticos en el cultivo de camarón como alternativa a la prevención de enfermedades, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

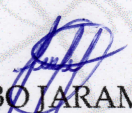
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 10 de enero de 2018


JIMBO JARAMILLO JEFFERSON ISRAEL
0704398429

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ACUÍCOLA



**USO DE PROBIÓTICOS COMO ALTERNATIVA A LA PREVENCIÓN
DE ENFERMEDADES EN EL CULTIVO DE CAMARÓN**

JIMBO JARAMILLO JEFFERSON ISRAEL

MACHALA

2017

Contenido

| | |
|---|----------|
| 1. Introducción. | 5 |
| 2. Contenido. 6 | |
| 2.1 Enfermedades en el cultivo de camarón. | 6 |
| 2.1.1 Enfermedades de origen Viral 6 | |
| 2.1.2 Enfermedades de origen bacteriano (Vibriosis). 6 | |
| 2.2 Probióticos. 7 | |
| 2.2.1 Probióticos como aditivo para el alimento. 7 | |
| 2.2.2 Utilización de probiótico en agua. 8 | |
| 2.3 Mecanismo de Acción de los probióticos. 8 | |
| 2.3.1 Inhibición competitiva de bacterias patógenas. 9 | |
| 2.3.2 Fuentes de nutrientes y contribución a la digestión enzimática. 10 | |
| 2.3.3 Influencia en la calidad de agua. 11 | |
| 2.3.4 Mejora de la respuesta inmune. 12 | |
| 2.3.5 Actividad antimicrobiana. 13 | |
| 2.3.6 Antiviral 13 | |
| 2.3.7 Antimicótico. 13 | |
| 2.3.8 Promotor de crecimiento. 14 | |
| 2.3.9 Inhibición de quorum sensing. 14 | |
| 2.4 Métodos de administración de probióticos. 14 | |
| 2.4.1 Administración dietética. 15 | |
| 2.4.2 Microencapsulación-Bioencapsulación. 15 | |
| 2.4.3 Probióticos inmovilizados. 15 | |
| 3. Conclusión. 20 | |
| 4. Bibliografía. 21 | |

Resumen

Esta revisión bibliográfica abarca el tema de uso de probióticos usados en la acuicultura (específicamente en el cultivo de camarón) como alternativa a la prevención de enfermedades donde se abarcan temas como conceptos, aplicaciones, mecanismos de acción, efectos, dosis, métodos de administración en el alimento. Se ha demostrado que la aplicación de probióticos produce grandes beneficios en los cultivos, mejorando la producción y rentabilidad para el productor, a través de la mejora en el crecimiento, la respuesta del sistema inmune, sobrevivencia, aprovechamiento de los nutrientes y digestibilidad mejorando el factor de conversión alimenticia. Los probióticos son utilizados tanto en el agua como en el alimento. El primero mejora la calidad del agua y mejora comunidad microbiana del ecosistema y el segundo utilizado en el alimento para colonizar el sistema digestivo dando un buen beneficio a los organismos en cultivos a través de los mecanismos y funciones que se mostrará a continuación. La administración de probióticos pueden venir en formas de esporas liofilizadas, microencapsulación, bioencapsulación o adicionado con sustancias como lípidos, carbohidratos o pegantes para la adición en agua o alimentos. El uso de cepas probióticas nativas tiene un gran potencial para ser usado en la acuicultura debido a su capacidad de adaptación en el medio natural lo que les permite colonizar y proliferar más eficientemente. La forma de acción de los probióticos es por medio de la exclusión competitiva, competencia de nutrientes, espacio, fijación y también por la producción de sustancias inhibitorias de microorganismos patógenos.

Palabras claves: Probióticos, camarón, prevención, enfermedades, exclusión competitiva, sustancias inhibitorias, alimento, agua.

ABSTRACT

This bibliographical review covers the issue of the use of probiotics used in aquaculture (specifically in shrimp farming) as an alternative to the prevention of diseases where topics such as concepts, applications, mechanisms of action, effects, doses, methods of administration are covered. It has been shown that the application of probiotics produces great benefits in crops, improving production and profitability for the producer, through the improvement in growth, the response of the immune system, survival, use of nutrients and digestibility improving the factor of food conversion. Probiotics are used in both water and food. The first improves the water quality and improves the microbial community of the ecosystem and the second one used in the food to colonize the digestive system giving a good benefit to the organisms in crops through the mechanisms and functions that will be shown below. The administration of probiotics can come in forms of lyophilized spores, microencapsulation, bioencapsulation or added with substances such as lipids, carbohydrates or glue for addition in water or food. The use of native probiotic strains has great potential to be used in aquaculture due to its ability to adapt in the natural environment which allows them to colonize and proliferate more efficiently. The action form of probiotics is through competitive exclusion, nutrient competition, space, fixation and also by the production of inhibitory substances of pathogenic microorganisms.

Key words: Probiotics, shrimp, prevention, diseases, competitive exclusion, inhibitory substances, food, water.

1. Introducción

Uno de los principales retos o desafíos en el mundo es como alimentar la población de 9.000 millones de personas para el 2050. La pesca y la acuicultura generan 167,2 millones de toneladas de alimento de origen acuático. En el 2014, la producción de animales acuáticos a través de la actividad acuícola fue de 73,8 (44.13%) millones de toneladas y la producción de pesca de captura de 93,4 (55,86) millones de toneladas, los camarones y gambas son segundo producto más importante en lo que se refiere a valor, esto significa que la acuicultura juega un papel importante en la alimentación de la humanidad aumentando cada año su producción a diferencia de la pesca de captura, que con el tiempo empieza a disminuir por múltiples factores como el cambio climático, la sobreexplotación de recursos acuáticos y la contaminación antropogénica (FAO, 2016).

El Ecuador en el año 2016 exportó 367 mil toneladas de camarón. Esto representa 2.562 millones de dólares generando 200 mil plazas de trabajo durante los últimos 7 años y aportando con el 11% de producción de camarón a nivel mundial (Cámara Nacional De Acuicultura, 2016).

Sin embargo uno de los mayores factores limitantes en la industria acuícola son las enfermedades infecciosas, las que han ocasionado grandes pérdidas económicas y desempleos (Morales & Cuéllar, 2008).

Los principales agentes infecciosos que afectan a los camarones de la familia Penaeidae son: virus, bacterias (Gram negativas y positivas), hongos y protozoarios (Lightner & Pantoja, 2001).

En la actualidad se busca reducir las enfermedades que causan mortalidades y pérdidas económicas, así también como la restricción o eliminación el uso de antibióticos en la acuicultura, ya que estos generan de los microorganismos, generando daños ecológicos y afectación a salud humana (Sotomayor & Balcázar, 2003).

El objetivo principal de este estudio es el uso de probióticos como alternativa a la prevención de enfermedades causadas por bacterias principalmente del género *Vibrio* que afectan tanto en la fase larvaria y engorde ocasionando altas mortalidades y perdidas económicas.

2. Contenido.

2.1 Enfermedades en el cultivo de camarón

El cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei* es una de las actividades con mayor crecimiento en Asia, América latina y África. Ecuador el país que más se destaca en América latina seguido de países como México, Honduras y Brasil, la producción está dirigida principalmente a la exportación al mercado de Estados Unidos, generando divisas y empleos en el Ecuador (Morales, Ruiz, Moura, Solís, & Conroy, 2011).

Los organismos patógenos se encuentran de forma natural en el ambiente acuático, siendo la mayoría de ellos oportunista, ya que cuando los organismos en cultivo se estresan su sistema inmunológico baja favoreciendo las condiciones para la proliferación de estos patógenos. Esto es causado por una mala calidad del medio, alteraciones de parámetros físicos, químicos y biológicos del ambiente, problemas genéticos y altas densidades de siembra. Los problemas que enfrenta el cultivo de camarón son causado principalmente por microorganismos de origen viral y bacteriano, estos han causado mayores mortalidades de animales en cultivo, y pérdidas económicas (Reid & Friendship, 2002).

2.1.1 Enfermedades de origen Viral

En la actualidad se han descrito 20 enfermedades virales que afectan a las especies nativas de camarones y de cultivo entre las que destacan: Virus del síndrome de Taura (TSV), virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV), virus de la cabeza amarilla (YHV), virus de la mionecrosis infecciosa (IMNV) y virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV), estas enfermedades han causado grandes pérdidas económicas y sociales en el continente americano (Godínez, y otros, 2012).

2.1.2 Enfermedades de origen bacteriano (Vibriosis)

Las enfermedades de origen bacteriano son una de las más comunes en el cultivo de camarón en América latina, de las cuales las bacterias Gram negativas son las de mayor abundancia en ecosistemas marinos, estando presente en animales silvestres y de cultivo (Berrezueta Espinoza, 2017).

El género *Vibrio* fue uno de los primeros grupos bacterianos en ser reconocido y clasificados taxonómicamente. Son bacterias Gram negativas y se clasifican en la familia Vibrionaceae (Pacini, 1854). Están presentes en el medio natural cumpliendo funciones tales como biodegradación de la materia orgánica, base de la cadena trófica y la regeneración de nutrientes. Afectan a organismos de cultivo comerciales y a la salud de las personas (Leyton & Riquelme, 2008).

Las bacterias del género *Vibrio* son oportunistas y se encuentran en los órganos de los animales tales como tracto digestivo, cutícula, branquias y hemolinfa. Se denomina Vibriosis

a la infección causada por esta bacteria. También se conoce como síndrome de la gaviota debido a la presencia de estas aves cuando los camarones están enfermos. Los vibrios atacan a los órganos como el hepatopáncreas, deformándolo, produciendo necrosis, vacuolización de las células B, dilatación de cromatóforos, órganos linfoides, glándula antenal, corazón, músculo, etc. (Sotomayor & Balcázar, 2003)

Las principales especies de *Vibrios* causantes de altas mortalidades en el cultivo de camarón son: *Vibrio parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *V. vulnificus*, *Photobacterium damsela*, *V. splendidus* y *V. fluvialis*, afectando en etapas larvales y de engorde (Balcázar, 2002).

2.2 Probióticos

El término probiótico cada vez ha ido cambiando de significado. Entre algunos conceptos encontramos:

“Microorganismos benéficos que solo o mezclados generan ácido láctico y se lo puede administrar de forma oral” (Ishibashi & Yamazaki, 2001).

“Suplemento alimenticio microbiano “vivo” que suministrado al organismo produce un balance intestinal, beneficiando al huésped” (Reid & Friendship, 2002).

“Microorganismos vivos que al ser administrados al medio mejoran la salud de los organismos en cultivo” (Ouweland & Salminen, 2003).

“Suplemento de microorganismos vivos con acción benéfica al huésped para un mejor balance microbiano” (Lee, 2008).

“Suplemento microbiano simple o mixto de organismos que adicionados cumplen la función de manipular poblaciones bacterianas en un medio de producción” (Balcázar, 2002).

Una mejor definición para probióticos en acuicultura sería: complemento de microorganismos benéficos vivos que al ser suministrados modifican la comunidad microbiana del huésped o del medio sea este suelo o agua, asegurando una mayor sobrevivencia, un mejor uso del alimento (realzando la nutrición), la respuesta a las enfermedades del huésped y mejora la calidad del medio ambiente (Verschuere, Rombaut, Sorgeloos, & Verstraete, 2000).

El principio de los probióticos consiste en la introducción de bacterias benéficas a un ecosistema, ocupando nichos ecológicos y compitiendo con los principales patógenos. Algunas bacterias como las nitrificantes dan un beneficio adicional al mejorar la calidad del agua reduciendo los niveles de amoníaco y nitrito (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

Entre los principales productos comerciales elaborados se destacan bacillos, aeromonas, estreptococos, levaduras, pseudomonas, microalgas, bacterias ácido lácticas (lactobacilos y bifidobacterias) y vibrios benéficos. Estos pueden venir en presentaciones simples (cepa específica) o mezclas de cepas denominadas coctel. Además pueden contener enzimas que sirven de catalizadores para los procesos de biodegradación y pueden ser suministrado en dietas y en el medio (López, Aguirre, & Vázquez, 2013).

La aplicación de probióticos en agua, y alimento el uso de inmunoestimulantes como los betaglucanos y la reducción de la salinidad, son métodos que han ganado importancia en el control de las enfermedades en la producción de camarón (Ouwehand & Salminen, 2003)

2.2.1 Probióticos como aditivo para el alimento

Adicional los probióticos en la alimentación significan aplicar cepas bacterianas útiles, utilizando aglutinantes como aceites de hígado de bacalao; huevo para la obtención de un efecto microbiano beneficioso y un menor deterioro ambiental. La mayoría de las preparaciones comerciales contienen cepas o mezclas de *Lactobacillus*, *Saccharomyces cerevisiae*, bacterias nitrificantes, *Streptococci*, *Roseobacter* y *Bacillus* sp. (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

Los probióticos en el alimento pueden utilizar como bioencapsulaciones en alimentos vivos como rotíferos y *Artemia* e infusiones en la dieta. De acuerdo con la FAO y la OMS los organismos probióticos tienen que presentar características para poder sobrevivir por el paso del intestino como por ejemplo resistir a los jugos gástricos y la exposición a la bilis además de proliferar y colonizar en el tracto digestivo para garantizar su efectividad y potencia durante su vida útil del producto. Los beneficios que tienen los probióticos en los alimentos son: contribución a la digestión enzimática, inhibición de microorganismos patógenos, antimutagénico y actividad anticancerígena. Estos factores promueven el crecimiento, disminuyen la conversión de alimento, mejoran el aprovechamiento de nutrientes, apetito, digestibilidad y mejor respuesta inmune de los organismos en cultivo (Lee, 2008)

2.2.2 Utilización de probiótico en agua

El mal uso de antibióticos y quimioterapéuticos utilizados para mejorar la salud de peces, ha generado cepas de microorganismos patógenos resistentes a los medicamentos. Los probióticos utilizados en agua contienen múltiples cepas de bacteria *Bacillus acidophilus*, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *Nitrobacter* spp., *Aerobacter* y *Saccharomyces cerevisiae*. Los probióticos utilizados en peces demuestran una mejora en la salud de los peces y parámetros de calidad de agua, modificando la composición bacteriana y de los sedimentos (Reid & Friendship, 2002)

Los probióticos utilizados en agua son considerados propensas a multiplicarse y superar en número a los organismos patógenos presentes en el agua (Fuller, 1989).

Los probióticos usados en el agua mejoran su calidad, inhibiendo patógenos. El aumento de la producción y el control de las enfermedades tienen correlación y vinculación con las actividades microbianas en el sistema. El concepto de la aplicación de probióticos en agua proviene de la aplicación y estudio de probióticos realizados en animales terrestres. Moriarty (1998) amplió la aplicación de los probióticos en la acuicultura mediante la adición de cepas vivas en los tanques y estanques en donde viven los animales, observando que la salud de los animales fue mejorada mediante la eliminación o disminución de los patógenos y el mejoramiento de la calidad del agua, concluyendo que los probióticos no solo podrían usarse en suplementos alimenticios, sino también como aditivos en el agua. Verschuere, Rombaut,

Sorgeloos, & Verstraete (2000) afirmaron que hay una fuerte interacción en el medio ambiente del cultivo y los organismos acuáticos. Fuller (1989) descubrió que se puede obtener muchos probióticos desde el medio natural en lugar de hacerlo trato digestivo. Wang et al. (2005) probó la efectividad de los probióticos, mejorar la calidad del agua, o que se reflejó en una buena producción de camarones en estanques comerciales de *L. vannamei* (Moriarty, 1997).

2.3 Mecanismo de Acción de los probióticos

La mejora de la resistencia a la colonización, y el efecto inhibitorio directo contra los patógenos han disminuido la incidencia y duración de las enfermedades. Cepas de probióticos han demostrado la capacidad de inhibición de patógenos tanto *in vitro* como *in vivo* a través de diferentes mecanismos. Se ha publicado durante los últimos 10 años publicaciones sobre los mecanismos de acción de los probióticos en la acuicultura, sin embargo, aún no está muy claro y solo explicaciones breves están disponibles, entre las que mencionaremos tenemos: exclusión competitiva de bacterias patógenas, fuente de nutrientes y contribución a la digestión enzimática, aprovechamiento directo de la materia orgánica disuelta realizada por bacterias, fortalecimiento del sistema inmunológico contra microorganismos patógenos y efectos antivirales (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

2.3.1 Inhibición competitiva de bacterias patógenas

Las bacterias probióticas ocupan espacios, demandan nutrientes del agua y del fondo del estanque, también en el tracto digestivo de los organismos es por ello que por medio de competencia reduce la posibilidad del desarrollo y colonización de organismos patógenos (Sotomayor & Balcázar, 2003).

Los microorganismos reducen la colonización de microorganismos patógenos a través de competencia principalmente por espacio y nutrientes en su nicho ecológico (López, Aguirre, & Vázquez, 2013).

La exclusión competitiva es el proceso donde una microbiota ya establecida impide la colonización de un desafío bacteriano competidor para la misma ubicación. El objetivo de los probióticos es obtener un producto estable y microbiota equilibrada en el cultivo basada en la competencia para los sitios de fijación, nutrientes y producción de sustancias inhibitorias (Wang, Z, & M, 2005).

El antagonismo es un fenómeno normal en la naturaleza por ende las interacciones microbianas juegan un papel fundamental en el equilibrio entre competidores benéficos y microorganismo potencialmente patógenos. No obstante, el equilibrio de las comunidades bacterianas se ve afectadas por hábitos de cultivo y condiciones ambientales que estimulan la proliferación de determinadas especies bacterianas. Se sabe que la microbiota gastrointestinal de organismos acuáticos puede modificarse por la ingestión de otros organismos, por lo tanto, la manipulación microbiana constituye un mecanismo viable para la reducción o eliminación de patógenos oportunistas. La inhibición del crecimiento de otros microorganismos es el

efecto directo y acción principal que pueden ocurrir en sistemas de cultivo, Estudios han determinado que organismos indígenas tienen un gran potencial debido a la capacidad que tienen de adaptación del medio nativo o su nicho ecológico. Por ende una mejor exclusión competitiva, adherencia y colonización en la superficie de la mucosa son posibles mecanismos de protección contra microorganismos patógenos por competencia de sitios de enlace y nutrientes (Leyton & Riquelme, 2008).

Un estudio con *Lactobacilli* demostró que reduce la adherencia de *Aeromonas salmonicida*, *Carnobacterium piscicola* y *Yersinia rucken* en la mucosa intestinal de la trucha arcoíris. También se ha demostrado a través de estudios que los probióticos en peces mejoran el crecimiento y la resistencia. Las bacterias probióticas producen una variedad de compuestos químicos de amplio espectro como son las bacteriocinas, sideróforos, lisozimas, proteasas y peróxido de hidrógeno en el intestino del huésped siendo así una barrera contra la proliferación de patógenos oportunistas, así como también la alteración del pH intestinal debido a la producción de ácidos orgánicos (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

Algunos probióticos en la acuicultura está diseñado para adherirse en las superficies de la mucosa intestinal, basado en el principio de exclusión competitiva, esta capacidad de adhesión a las células epiteliales intestinales ayuda a la activación del sistema inmune produciendo un equilibrio intestinal y la digestivo (Aguirre, Lara, Sánchez, Campa, & Luna, 2012).

Cuando el organismo es joven o en sus primeros estadios es importante que los organismos benéficos se establezcan (López, Aguirre, & Vázquez, 2013).

Varios investigadores trabajaron con cepas de *Vibrios* como *Vibrio mediterranei 1*, *Vibrio mediterranei 4*, *V. fluvialis* y *Vibrio harveyi* VIB 571. Los mismos que presentan una actividad antagonista en un medio de agar sólido contra *V. parahaemolyticus*, *Vibrio mediterranei*. En camarones los estudios se han centrado en cepas probióticas de *Bacillus cereus*, *Paenibacillus polymyxa* y *Pseudomonas* (PS-102) y *Pseudomonas* sp., como agentes de control biológico contra diferentes cepas de *Vibrios* spp. (Wang, Z, & M, 2005).

2.3.2 Fuentes de nutrientes y contribución a la digestión enzimática

Los probióticos son parte de la microbiota residente y contribuyen a la salud y el bienestar del huésped. La capacidad de algunas bacterias para adherirse al mucus en el tracto intestinal, células epiteliales y otros tejidos son características muy importantes en la selección de cepas probióticas (Berrezueta Espinoza, 2017).

Diferentes cepas de *Bacillus* spp. Y *Lactobacillus* spp. Han sido reconocidas por su habilidad de colonizar benéficamente al huésped. Los probióticos han sido empleados para que el sistema gastrointestinal obtenga de forma artificial o exógena las bacterias benéficas (López, Aguirre, & Vázquez, 2013).

Estudios realizados con probióticos demostraron tener un efecto beneficioso sobre los procesos digestivos en animales acuáticos. En peces, las bacterias del género *Bacteroides* y *Clostridium* sp. Contribuyeron en la nutrición del huésped mediante el suministro de ácidos grasos y vitaminas. Otros microorganismos del género *Agrobacterium* sp., *Pseudomonas* sp.,

Brevibacterium sp., *Microbacterium* sp., y *Staphylococcus* sp. Pueden contribuir en procesos de nutrición en la trucha ártica (*Salvelinus alpinus*) (Berrezueta Espinoza, 2017)

Los probióticos suministrados en la alimentación alcanzan el intestino de los animales y mejoran la salud. Estos utilizan una gran cantidad de carbohidratos para su crecimiento produciendo una variedad de enzimas digestivas relevantes como amilasas, proteasas y lipasas que aumentan la digestibilidad de materia orgánica y proteína lo que resulta en un mayor crecimiento (Aguirre, Lara, Sánchez, Campa, & Luna, 2012).

La microbiota indígena tiene una estructura, función y metabolismo en el tracto digestivo de animales acuáticos necesarias para sus funciones fisiológicas y son fuente de enzimas, nutrientes, vitaminas, degradación microbiana de colágeno, quitina, p-nitrophenyl-N-acetyl- β -D-glucosamine celulosa. No está claro si los probióticos en la alimentación aumentan el apetito o la propia naturaleza o si su propia naturaleza mejora la digestibilidad produciendo un aumento del apetito, sin embargo los investigadores se inclinan a pensar que podría ser por ambos factores. Además, recalcan que sería importantes estudiar si los probióticos realmente tienen buen sabor en las especies acuícolas (Reid & Friendship, 2002).

En algunos casos el efecto de los probióticos se atribuye a la capacidad de estimular o producir algunas enzimas en el tracto intestinal (Aguirre, Lara, Sánchez, Campa, & Luna, 2012).

2.3.3 Influencia en la calidad de agua

En acuicultura se maneja diferentes sistemas de cultivo que van desde extensivo a súper-intensivo, donde se acumula materia orgánica (organismos muertos, materia fecal alimento no utilizado etc.) en el fondo de los estanques, produciéndose un detrimento de la calidad del agua. Así es de gran importancia la utilización de probióticos que ayuden a mejorar la calidad del agua (Berrezueta Espinoza, 2017).

La mejora en la calidad del agua ha sido asociada al género *Bacillus* sp. Debido a que las bacterias Gram-positivas lo invierten mejor a la materia orgánica a CO₂ que las bacterias Gram-negativas, altos niveles de bacterias Gram-positivas pueden reducir las partículas de carbono orgánico disuelto. Se ha reportado que la utilización de *Bacillus* sp. Mejore la calidad del agua aumentando el crecimiento, sobrevivencia, y la situación sanitaria de juveniles de *Penaeus monodon* y reduciendo los *Vibrios* patógenos (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

La idea principal de los probióticos usados como biorremedadores en estanques de acuicultura es que algunas de las bacterias son más eficientes en la transformación de la materia orgánica a sus componentes elementales (C, O, N, H, P, Si) durante el periodo de cultivo lo que genera un fitoplancton estable y un crecimiento de los organismos (Balcázar, 2002)

Especies de microorganismos de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Cellulomonas*, *Rhodopseudomonas*, *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* son conocidos como potentes biorremedadores de desechos orgánicos. Además regulan la microbiota del agua en la acuicultura y controlan microorganismos patógenos asegurando la descomposición orgánica

de sustancias no deseadas en sedimentos, agua y mejorando el entorno ecológico (Reid & Friendship, 2002)

Bacillus sp., *Nitrobacter* sp., y *Nitrosomonas* sp. Usados en *L. vannamei*, reducen nitrógeno y fósforo, y la mejor evidencia se observa en los sistemas de biofiltración, donde bacterias asociadas al proceso de nitrificación se inoculan en el sistema (Berrezueta Espinoza, 2017).

El estudio de un probiótico comercial sobre concentraciones de bacterias y fitoplancton en cultivo intensivo de camarón *L. vannamei* con sistema de recirculación, arrojó un marcado cambio de bacterias heterótrofas en el sedimento y valores porcentuales de las concentraciones de Pyrrophyta, mejorando la calidad ambiental de sedimentos y agua en estanques con estos sistemas (Ishibashi & Yamazaki, 2001).

Así mismo la evaluación de 2 cepas de bacterias probióticas como biorremediadoras en el cultivo de peces *Pangasius sutchi*, *Catla catla* y *Labeo rohita* en tres estanques por un año arrojaron que los niveles de amoníaco, nitrito y fosfatos fueron bajos en comparación al estanque control (Balcázar, 2002).

También las bacterias indígenas aisladas de muestras de suelo y agua marina, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*, han sido investigados por su potencial capacidad de biorremediación en el cultivo *Penaeus monodon*, revelando que *Bacillus* spp. Secretaron amilasa, proteasa y lipasa e inhiben las especies patógenas de *Vibrio* spp. Sin estresar las post larvas de camarón. Por ende, los *Bacillus* spp. Han sido recomendados como biorremediadoras en los sistemas de cultivo de *Penaeus monodon* (Verschuere, Rombaut, Sorgeloos, & Verstraete, 2000).

La biorremediación *in situ* o bioaumentación está siendo aplicado ampliamente en la acuicultura utilizando probióticos indígenas o exógenos que mejoran la calidad del agua (Moriarty, 1997).

2.3.4 Mejora de la respuesta inmune

Los invertebrados dependen de la inmunidad no específica, un sistema para combatir microorganismos patógenos y que puede ser estimulado por los probióticos. Así se ha observado que *Bacillus* sp. (Cepa S11) activa las defensas celulares inmunitarias y humorales en camarón tigre (*Penaeus monodon*) (Reid & Friendship, 2002).

La estimulación del sistema inmunológico es uno de los factores en los cuales actúan algunos probióticos (López, Aguirre, & Vázquez, 2013).

Estudios muestran que la administración oral de bacterias *Clostridium butyricum* en la trucha arcoíris mejora la resistencia del pez más nada junto a la Vibriosis, al aumentar la actividad fagocítica de los leucocitos. Los probióticos producen moléculas de señalización de transducción que poseen la capacidad de alterar el sistema inmune contra las agresiones por agentes patógenos y enfermedades específicas como el edema intestinal (Lightner & Pantoja, 2001).

Algunos probióticos son capaces de producir sustancias antimicrobianas que afectan al microsistema, disminuyen las poblaciones bacterianas y previenen enfermedades. Por

ejemplo, algunas cepas de *Lactobacillus acidophilus* producen antibióticos como acidofilin, lactolin y cidolin, siendo este último ha sido investigado por su alta actividad contra bacterias patógenas como *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, *Salmonella enterica*, y *Staphylococcus aureus*. Organismos modificados genéticamente en los cuales se han incorporados genes que codifican dichas sustancias también pueden actuar contra organismos patógenos específicos (Sotomayor & Balcázar, 2003).

Varios estudios realizados demuestran que las bacterias probióticas suplementadas en el alimento o cualquier tipo de inclusión pueden impulsar los componentes celulares y humorales del sistema inmune innato en varias especies de peces y mariscos incluidos los camarones (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

También se pueden utilizar inmunoestimulantes, los cuales son extraídos de las paredes celulares de microorganismos tales como bacterias Gram-negativo (lipopolisacáridos), Gram-positivos (peptidoglicano) y hongos (β -1,3-glucan) los cuales se pueden aplicar por inmersión e inyección, sin embargo, el método más práctico es por adición en la alimentación (Balcázar, 2002).

2.3.5 Actividad antimicrobiana

Los probióticos mejoran la microbiota intestinal debido a la propiedad antagonista por la formación de ácidos orgánicos y bacteriocinas. Alteran el metabolismo de la microbiota produciendo ácidos orgánicos de cadena corta, aumento de sodio, absorción de agua, disminución de la motilidad del colon y apoyo de la buena salud del anfitrión, proporcionando protección contra infecciones al estimular el sistema inmune, aliviar la tolerancia a la lactosa, reducir los niveles de colesterol en la sangre, aumentar el peso y la disminuida de la tasa de conversión alimenticia. El sitio de proliferación de patógenos de peces y los mecanismos de antagonismo de un probiótico influyen en la elección de una bacteria probiótica. Bacterias aisladas del intestino de organismos, pueden ser utilizadas si las bacterias patógenas se infectan a través del tracto gastrointestinal, sin embargo aunque algunos patógenos de peces pueden proliferar en la superficie de la piel (Ishibashi & Yamazaki, 2001)

Bacterias probióticas adaptadas a superficies externas podrían limitar la proliferación de patógenos, así un estudio sugiere que los cultivos probióticos también podrían originarse en los entornos de crianza en general desde *Bacillus* spp. Que suelen habitar en los sedimentos donde se alimentan camarones (Wang, Z, & M, 2005).

2.3.6 Antiviral

Algunas bacterias utilizadas como cepas probióticas son candidatas por tener efectos antivirales. Aunque el mecanismo exacto se desconoce, pruebas en laboratorio indican que la

inactivación de virus puede ocurrir por sustancias químicas y biológicas, como extractos de algas marinas y agentes extracelulares de bacterias. Se ha informado que cepas de *Pseudomonas* sp., *Vibrios* sp., *Aeromonas* sp. y grupos corineformes aislados de criaderos de salmónidos, mostraron actividad antiviral contra el *Virus de la Necrosis Hematopoyética Infecciosa* con más del 50% de reducción de placa. En camarones la respuesta inmune antiviral esta mediada por receptores de reconocimiento de patrones (PRRs). Hasta la fecha se han identificado 11 PRPs en camarones, los cuales desencadenan respuestas antivirales efectivas y apropiadas que incluyen la producción de diversas citoquinas e inducciones a reacciones inmunes inflamatorias y adaptativas. Además, la suplementación de alimento con una cepa de *Bacillus megaterium* ha resultado en una resistencia creciente al virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en camarón *L. vannamei*. Se reporta que las proteínas virales VP68, VP281 y VP466 desempeñan un papel importante en la infección por el virus de la mancha blanca. Otro mecanismo en la respuesta inmune antiviral es la interferencia del ARN (RNAi) que se ha aplicado para silenciar genes virales y reduce en organismos eucariotas, lo que silencia la transcripción y la traducción de genes virales y reduce significativamente la tasa de mortalidad de los camarones (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

2.3.7 Antimicótico

Pocos estudios se han realizado sobre este tema en la acuicultura. Hasta la fecha los medios aislados de *Aeromonas* (cepa A199) de agua dulce en el cultivo de anguila (*Anguilla australis*) han ofrecido actividad antagónica contra *Saprolegnia* sp. Recientemente se informó que la utilización de cultivos bacterianos protectores, *Pseudomonas* sp. M162, *Pseudomonas* sp. M174 y *Jhanthinobacterium* sp. M169, mejoran la inmunidad contra saprolegniasis y el modo de acción del probiótico fue evocar efectos inmunoestimulantes y producción de sideróforos. *Pseudomonas* sp. M162 también disminuyen la mortalidad relacionada con *Flavobacterium psychrophilum*, el efecto probiótico resultó principalmente de la inmunoestimulación (Leyton & Riquelme, 2008)

2.3.8 Promotor de crecimiento

Uno de los de los efectos esperados de los probióticos es el aumento de la tasa de crecimiento en el cultivo de camarón, debido a la participación en la absorción de nutrientes proporcionado una mejor asimilación de nutrientes y vitaminas. Varios autores han evaluado los efectos de la aplicación de probióticos en alimentos naturales, calidad de agua y crecimiento en la tilapia salina *Oreochromis mossambicus* cultivada en tanques de concreto. El estudio señala que las tilapias obtuvieron una mejora en el peso final, porcentaje de ganancia de peso, tasa de crecimiento específica y factor de conversión alimenticia que con el tratamiento control. La calidad de agua también mejoró proporcionando un control de crecimiento, rendimiento y producción de fitoplancton. Se ha encontrado que los probióticos mejoran el crecimiento y sobrevivencia en el cultivo de camarón *Penaeus monodon* sin

intercambio de agua, por lo tanto pueden considerarse promotores del crecimiento en organismos acuícolas, además de otros beneficios diversos (Berrezueta Espinoza, 2017)

2.3.9 Inhibición de quorum sensing (QS)

Autores ilustran que QS es un proceso de comunicación bacteriana de célula a célula. Así la interrupción de QS es una nueva estrategia anti-infecciosa en la acuicultura. Estudios reportan que un sistema mediado por AI-2 (auto-inductor) es responsable de la virulencia de *V. harveyi* hacia la *Artemia franciscana* gnotobiótica. Esto podría haber sugerido la existencia de QS dependiente del huésped en *V. harveyi*. Se ha informado que estudios de las algas marinas (*Delisea pulchra*) actúan como buenos antagonista de QS. Estos compuestos protegen a *Brachionus*, *Artemia* y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de los efectos negativos de *Vibrio* sp. Patógenos, cuando se adiciona en concentraciones adecuadas. Por otro lado, las bacterias probióticas pueden actuar como agentes disruptores del QS en los sistemas acuícolas. Por lo tanto, la determinación de la concentración de moléculas de QS *in-vivo*, proporcionaría un mejor conocimiento sobre la importancia de QS *in-vivo* y también ayudaría a aclarar el mecanismo de acción de las bacterias disruptivas de QS (Reid & Friendship, 2002).

2.4 Métodos de administración de probióticos

Por lo general los probióticos se añaden al alimento, al suelo o al agua del estanque para conferir protección contra la infección (Verschuere, Rombaut, Sorgeloos, & Verstraete, 2000), Sin embargo es necesario investigar la mejor forma de introducción, dosis óptima y las soluciones técnicas requeridas especialmente para mantener los probióticos vivos en los pellets secos ya que generalmente se informan grandes pérdidas de viabilidad durante el procesamiento y almacenamiento (Berrezueta Espinoza, 2017).

2.4.1 Administración dietética

Los probióticos para la suplementación en la dieta son principalmente en forma de esporas. Los probióticos se pueden aplicar directamente en los pellets a una temperatura adecuada. Sin embargo, la aplicación de probióticos en el alimento es fácil, la viabilidad debe verificarse. Generalmente se agregan a la alimentación como cultivos liofilizados que a veces se mezclan con lípidos para agregarlos como aderezos en la dieta. El secado convectivo ha sido sugerido por ciertos investigadores como un medio para la preservación de bacterias ácido-lácticas utilizando equipos menos costosos. Otra alternativa es secar y preservar los probióticos ácido-lácticos agregados a la alimentación (Ouweland & Salminen, 2003).

2.4.2 Microencapsulación-Bioencapsulación

La encapsulación es un proceso que permite el paso de moléculas pequeñas, formando un recubrimiento continuo alrededor de una matriz interna totalmente contenida dentro de la pared de la cápsula como núcleo de material encapsulado. En la micro-encapsulación, las células microbianas en alta densidad están encapsulados en una matriz coloidal usando

quitosano, alginato, carboximetilcelulosa o pectina para proteger física y químicamente los microorganismos. Los métodos utilizados en la micro-encapsulación de probióticos son la emulsión, extrusión, secado por pulverización y adhesión de almidón. En acuicultura se han encapsulado células de *Shewanella putrefaciens* en alginato de calcio, lo que demuestra la sobrevivencia de las células probióticas encapsuladas a través del tracto gastrointestinal del lenguado (*Solea senegalensis*). La encapsulación de matrices de alginato protege a las bacterias del pH bajo y las enzimas digestivas, liberando el probiótico en el intestino sin ningún daño (Berrezueta Espinoza, 2017).

La bioencapsulación o bioenriquecimiento es un proceso que puede mejorar la nutrición de los organismos, alimentándolos con organismos vivos o incorporándolo junto con varios tipos de nutrientes. Sin embargo, la inoculación de probióticos a través de la bioencapsulación, como microalgas, rotíferos y *Artemia* es un interesante enfoque, aunque el proceso de administración a través de alimento vivo parece no ser económicamente factible y es prácticamente difícil en las prácticas acuícola a gran escala. Bacterias de ácido láctico bioencapsuladas proporcionan mejoras significativas en la supervivencia de larvas de rodaballo (*Scophthalmus maximus*), y se sugiere que es factible usar cultivos de microalgas como vectores para la introducción de antagonistas bacterianos en la acuicultura (Verschuere, Rombaut, Sorgeloos, & Verstraete, 2000).

2.4.3 Probióticos inmovilizados

El atrapamiento de células liberadas en una matriz de gel de alginatos alrededor de la sustancia central se conoce como la pared inmovilización. La inmovilización probiótica es una nueva tecnología utilizada ampliamente en la industria láctea e industrias farmacéuticas aplicadas a LAB. Se ha informado que ofrece muchas ventajas para la producción de biomasa y metabolitos en comparación con los sistemas de células libres, como alta densidad celular y la productividad volumétrica muy alta, biocatalizadores, alta estabilidad del proceso durante largos periodos de fermentación, retención de células portadoras de plásmidos, resistencia mejorada a la contaminación, desacoplamiento de biomasa, producción de metabolitos, estimulación de producción, secreción de metabolitos secundarios y protección física y química de células. Sin embargo, estos beneficios no se aplican en la acuicultura (Reid & Friendship, 2002).

Tabla 1: Probióticos usados en la acuicultura del camarón

| Identificación del probiótico | Origen | Usado en | Aplicación | Modo de acción | Dosis |
|--|--------------------------------|--------------------|---------------------------|--|---|
| <i>Arthrobacter</i> sp. (XE-7) | <i>P.chinensis</i> | <i>P.chinensis</i> | Agua | Antagonismo contra <i>Vibrio</i> spp. <i>V. parahaemolyticus</i> | 10 ⁶ ufc/ml |
| <i>Bacillus</i> sp. (S11) | Intestino de <i>P. monodon</i> | <i>P. monodon</i> | En mezcla con el alimento | Antagonismo contra <i>V. harveyi</i> | 10 ¹⁰ ufc/ml 10 ¹⁰ ufc/g de alimento |
| <i>Bacillus</i> sp. (S11) | Intestino de <i>P. monodon</i> | <i>P. monodon</i> | En mezcla con el alimento | Antagonismo contra <i>V. harveyi</i> e inmunestimulación | 10 ² ufc/g de alimento |
| <i>Bacillus</i> sp. (P64) | <i>L. vannamei</i> | <i>L.vannamei</i> | Agua | Antagonismo contra <i>V. harveyi</i> | 10 ⁷ ufc/ml |
| <i>Bacillus</i> sp. (BT23) | Cultivo de camarón | <i>P. monodon</i> | Agua | Antagonismo contra <i>V. harveyi</i> | 10 ⁶ -10 ⁸ ufc/ml |
| <i>Bacillus</i> sp. | Producto comercial | <i>L.vannamei</i> | Agua | Mejora supervivencia y crecimiento | 10 ⁴ -10 ⁵ ufc/ml |
| <i>Bacillus</i> sp., <i>Saccharomyces</i> sp. | Producto comercial | <i>P. monodon</i> | Agua | Calidad de agua | 10 ⁸ + 10 ⁵ ufc/ml |
| <i>Bacillus</i> sp., <i>Nitrobacter</i> sp., <i>Nitrosomonas</i> sp. | Producto comercial | <i>P. monodon</i> | Agua | Calidad de agua | 10 ⁸ ufc/ml |
| <i>Bacillus</i> sp., <i>S.cerevisiae</i> sp., <i>Nitrobacter</i> sp., <i>Nitrosomonas</i> sp. | Producto comercial | <i>L.vannamei</i> | Agua | Calidad de agua y control bacteriano | 10 ⁴ -10 ⁹ ufc/ml |

| | | | | | |
|---|--------------------|------------------|---|--|--|
| Esporas de <i>B. subtilis</i>, <i>B.licheniformi</i>, <i>B.polymyxa</i>, <i>B.laterosporus</i>, <i>B.circulans</i> | Producto comercial | <i>F.indicus</i> | Aducción de agua y suplemento alimenticio | Digestión | 10 ⁶ -10 ⁷ ufc/ml |
| <i>B. pumilis</i>, <i>B. sphaericus</i> <i>B. subtilis</i> | <i>P. monodon</i> | <i>P.monodon</i> | Alimento | Antagonismo contra <i>V. harveyi</i> e inmunestimulación | 10 ¹¹ -10 ¹² ufc/g de alimento |
| <i>L.vulgaricus</i> (NCIM2056,NCIM2057) | Colección NCIM | <i>F.indicus</i> | Alimento | Antagonismo contra <i>V. alginolyticus</i> | 10 ⁶ ufc/ml |

A continuación de la tabla 1

| | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|------------------------|---|---|
| <i>L. acidophilus</i> | Colección NCIM | <i>F.indicus</i> | Alimento | Antagonismo contra <i>V. alginolyticus</i> | 10 ⁶ ufc/ml |
| <i>Pseudomonas</i> sp. (PS-102) | Laguna | <i>P. monodon</i> | Agua | Antagonismo contra <i>V.sp</i> | 10 ⁵ -10 ⁸ ufc/ml |
| <i>Pseudomonas</i> sp. (PM-11) | <i>P. monodon</i> | <i>P. monodon</i> | Agua | Inmunestimulación | 10 ³ ufc/ml |
| <i>S.cerevisiae</i>, <i>S.exigus</i> <i>Phaffia</i> <i>rodozoma</i> | Producto comercial | <i>L. vannamei</i> | Premezcla con alimento | Inmunestimulación y protección contra <i>V. harveyi</i> | 1% de alimento |
| <i>Streptococcus cremoris</i> | Colección NCIM | <i>F.indicus</i> | Alimento | Antagonismo contra <i>V. alginolyticus</i> | 10 ⁶ células/g de alimento |

| | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|---|--|
| <i>Streptomyses</i> sp. | Sedimentos de un estuario | <i>P. monodon</i> | Alimento | Calidad de agua y control bacteriano | 2-10g de material seco/kg de alimento |
| <i>V. alginolyticus</i> | <i>L. vannamei</i> | <i>L. vannamei</i> | Agua | Antagonismo contra <i>Vibrio</i> spp | 10 ³ -10 ⁵ cell/ml |
| <i>V. alginolyticus</i> | Arena de playa | <i>L. vannamei</i> | Alimento y baño (10 minutos) | Antagonismo contra <i>V. parahaemolyticus</i> | 10 ⁵ ufc/ml |
| <i>V. alginolyticus</i> (Ili) | Arena de playa | <i>L. vannamei</i> | Alimento y baño (10 minutos) | Antagonismo contra <i>V. harveyi</i> | 10 ⁷ ufc/ml |
| <i>V. fluvialis</i> (PM17) | <i>P. monodon</i> | <i>P. monodon</i> | Alimento y baño (10 minutos) | Inmunoestimulación | 10 ³ ufc/ml |
| <i>Vibrio</i> sp. (P62,P63) | <i>L. vannamei</i> | <i>L. vannamei</i> | Agua | Antagonismo contra <i>V. harveyi</i> | 10 ⁷ ufc/ml |

Fuente: (Aguirre, Lara, Sánchez, Campa, & Luna, 2012) citado por (Berrezueta Espinoza, 2017).

Tabla 2: Beneficios de los probióticos en la acuicultura del camarón.

Fuente: (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

| Cepa probiótica | Usado en | Efecto de la cepa probiótica |
|----------------------------------|-----------------------------|--|
| <i>Bacillus</i> S11 | <i>Penaeus monodon</i> | Protección contra el <i>Vibrio harveyi</i> por estimulación de las defensas inmunitarias humoral y celular. |
| <i>Bacillus subtilis</i> UTM 126 | <i>Litopenaeus vannamei</i> | Control de vibriosis por producción de bacitracina, gramidicina, polimixina, tirotricina y exclusión competitiva |
| <i>Streptomyces</i> | <i>Penaeus monodon</i> | Mejores parámetros de calidad de agua, incremento de la longitud y peso del animal |
| <i>Bacillus subtilis</i> E20 | <i>Litopenaeus monodon</i> | Mejora la respuesta inmune humoral |

Tabla 3: Probióticos utilizados como agentes antimicrobianos.

| Nombre de los probióticos | Sustancias | Cepa inhibidora |
|---|---|---|
| <i>Pseudomonas isolate</i> MSB1 | Sideróforos | <i>Flacobacterium psychrophilum</i> |
| Genero <i>Lactobacillus, Lactococcus</i> y <i>Leuconostoc</i> | Ácido láctico | <i>Lactococcus garvieae</i> |
| <i>Pseudomonas</i> M174 | Sideróforos | <i>Flacobacterium psychrophilum</i> |
| <i>Pseudomonas</i> M162 | Sideróforos | <i>Flacobacterium psychrophilum</i> (in vitro) |
| Bacterias de ácido láctico | Lantibióticos | - |
| <i>Vibrio anguillarum</i> AVP10 | Vibriocina AVP10 | <i>Escherichia coli, Vibrio anguillarum</i> AVS91 |
| <i>Vibrio mediterranei</i> | BLIS: Bacteriocinas como sustancias inhibidoras | <i>V. parahaemolyticus, V mediterranei</i> 5 |
| <i>Vibrio harveyi</i> VIB 571 | BLIS: Bacteriocinas como sustancias inhibidoras | <i>Vibrio harveyi</i> 1, <i>V.Fischeri</i> , <i>V.gazogenes</i> , <i>V,parahaemolyticus</i> |
| <i>Pseudomonas strains</i> | Sideróforos | <i>V.anguillarum</i> |
| <i>Aeromonas media</i> | BLIS: Bacteriocinas como sustancias inhibidoras | <i>Aeromonas</i> y <i>Vibrio</i> |
| Bacterias de ácido láctico | Peróxido de hidrógeno y CO ₂ | - |

Fuente: (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

Tabla 4: Probióticos para el agua en Acuicultura.

| Probióticos putativos | Origen | Acción sobre la calidad de agua y observaciones | Dosis |
|---|-----------------------|---|---|
| <i>Bacillus</i> sp., <i>Saccharomyces</i> sp. | Producto comercial | Nitrógeno total y concentraciones de amoníaco bajas hasta a un menor grado, la transparencia del agua fue mayor durante la fase inicial del cultivo pero declinaba gradualmente | 10 ⁸ +10 ⁵ cfu/ml |
| <i>Bacillus</i> sp., <i>S. cerevisiae</i> , <i>Nitrosomas</i> sp. | Producto comercial | Reduce las concentraciones de nitrógeno y fósforo y aumentó los rendimientos del camarón | 10 ⁴ -10 ⁹ cfu/ml |
| <i>Streptomyces</i> sp. | Sedimento de estuario | Tanques de cultivos experimentales provistos con <i>Streptomyces</i> sp, tenía mejores parámetros de calidad de agua | 2-10 g de estera seca/kg en alimento |
| Gram-positive <i>Bacillus</i> sp. | - | Los probioticos mantienen optima transparencia y bajo contenido de carga orgánica | - |
| <i>Mixed bacillus</i> | Producto comercial | Niveles de pH, amoníaco y nitrito se redujeron significativamente | - |
| <i>B. subtilis</i> y <i>B. megaterium</i> con harina de soja | Producto comercial | Tolerancia al estrés y metabolitos en la hemolinfa, también mostraron el mejor rendimiento en este tratamiento | 1.2 x 10 ⁴ cfu/g |
| BZT [®] BIO-ACUA | Producto comercial | Mejora significativamente la calidad del agua y rendimiento en crecimiento | - |
| <i>Bacillus</i> sp. Y <i>Lactobacillus</i> , levaduras | Producto comercial | Aumentó los valores porcentuales de concentración de Pyrrophyta mejorando el medio ambiente, calidad del sedimento y agua en estanques con sistema de recirculación cerrado | 5.749 +/- 0.67 x 10 ⁴ cfu/g |

| | | | |
|--|---------------------------------|--|--|
| <i>Bacillus circulans</i> y <i>B. licheniformis</i> | Producto comercial | Reduce los riesgos en cultivo de peces mediante la mejora de la salud y de crecimiento en peces cultivados | 1 x 10 ⁶ cfu/ml |
| <i>Bacillus pumilus</i> , <i>B. licheniformis</i> y <i>B. subtilis</i> | Muestras de suelo y agua marina | Mejor crecimiento y supervivencia en post-larva de camarón sin recambio de agua | - |
| Bacterias de ácido láctico | Rotífero, <i>B. plicatilis</i> | Mejor tasa de supervivencia en larva de rodaballo, <i>Scophthalmus maximus</i> . | 10 ⁷ y 2x10 ⁷ cfu/ml |

Fuente: (Kumar, Roy, & Kumar, 2016).

3. Conclusión

Los probióticos utilizados en el alimento y agua tienen efectos positivos en los organismos de cultivo suministrado en el alimento los probióticos modifican la comunidad microbiana ocupando nichos ecológicos compitiendo con bacterias patógenas, contribuyendo a la digestión aumentando la digestibilidad por medio de la producción de enzimas como las amilasas, proteasas y lipasas, aprovechando para su crecimiento materia orgánica, también mediante la producción de compuestos químicos como bacteriocinas, sideróforos, lisozimas, acidofilin, lactolin, cidolin, peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos este último alterando el pH intestinal. Los probióticos utilizados en el agua mejoran la calidad del agua e inhiben al crecimiento de por medio de la exclusión competitiva demandando nutrientes, ocupando espacios, lo que reduce la posibilidad de desarrollo y colonización de organismos patógenos. Especies de microorganismos de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Cellulomonas*, *Rhodopseudomonas*, *Nitrosomonas* y *Nitrobacter* son conocidos como potentes biorremedadores de desechos orgánicos, además regulan la microbiota del agua en la acuicultura y controlan microorganismos patógenos asegurando la descomposición orgánica de sustancias no deseadas en sedimentos, agua y mejorando el entorno ecológico. Todo esto se ve reflejado en los probiótico tanto en agua como el alimento dando un mejor aprovechamientos de nutrientes esenciales, mayor digestibilidad, apetito, mejora del sistema inmune, crecimiento, sobrevivencia y un mejor factor de conversión alimenticia por ende se concluye que es una gran alternativa para la prevención de enfermedades en el cultivo de camarón y especies acuícolas, lo que se ha demostrado mediante estudios contra patógenos que afectan al cultivo constantemente como los *Vibrios* spp. Además de proporcionar muchos beneficios ya mencionados, es una alternativa amigable con el medio ambiente y salud de las personas. Cabe recalcar que ciertos probióticos producen sustancias o compuestos químicos que pueden inhibir microorganismos patógenos como bacterias, virus y hongos, además de cortar o interferir la comunicación de bacterias que crean virulencias denominado quorum sensing. También el uso de probióticos tiene que verificarse constantemente, su origen, curvas de crecimiento y desarrollo, composición, aditivos, periodo de activación de cepas, mecanismo de empleo etc. Algunas de las características que deben tener los probióticos son: sobrevivir al pasar el intestino, además de proliferar y colonizar en el tracto digestivo. Al igual que los probióticos utilizados en agua también deber tener una buena capacidad de colonización, proliferación y adaptación al medio. Se ha estudiado el empleo de microorganismos probióticos indígenas, o del medio natural porque tienen un gran potencial debido a la capacidad de adaptación del medio nativo o su nicho ecológico y por ende una mejor exclusión competitiva, adherencia y colonización con posibles mecanismos de protección contra microorganismos patógenos debido a la competencia por sitios de enlace y nutrientes tanto en agua como en el alimento.

4. Bibliografía.

- Aguirre, G., Lara, M., Sánchez, J., Campa, A & Luna, A. (2012). The use of probiotics in aquatic organisms: A review. *African Journal of Microbiology*, Vol. 6(23), 4845-4857. doi:10.5897/AJMR11.1038
- Balcázar, J. (2002). *Uso de probióticos en acuicultura: Aspectos generales*. Universidad Técnica de Machala: Carrera de ingeniería Acuícola, Machala.
- Berrezueta Espinoza, I. S. (2017). *Usos y Aplicaciones de probióticos en el cultivo de camarón y sus mecanismos de acción*. Universidad Técnica de Machala, Machala.
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2016). *Camarón – Reporte de Exportaciones Ecuatorianas Totales (Estadística)*.
- Fao. (2016). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura (contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos)*. Roma.
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals: a review. *J. Bacteriol*, 68: 365-378.
- Godínez, d., González, o., Hernández, a., García, a., Gamboa, j., Arce, j., & Godínez, e. (2012). Principales patógenos virales de camarón en américa y su relación con ambientes de baja salinidad. *Raximhai-revista de sociedad, cultura y desarrollo*.
- Ishibashi, N. & Yamazaki, S. (2001). Probiotics and safety . *American Journal of Clinical Nutrition* , 73:465S-470S.
- Kumar, V., Roy, S., & Kumar, D &. (2016). Application of Probiotics in Shrimp Aquaculture: Importance, Mechanisms of Action, and Methods of Administration. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24: 4, 342-368.
- Lee, E. (2008). Problems and verification system of probiotics as livestock-environment improving agent produced and circulated. *Korean Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36: 87-95.
- Leyton, Y. & Riquelme, C. (2008). Vibrios en los sistemas marinos costeros. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(3) 441-456.
- Lightner, D. V. & Pantoja, C. R. (2001). *Manual para el diagnóstico de enfermedades del camarón*.
- López, E., Aguirre, G. & Vázquez, M. (2013). Probióticos, una herramienta en la producción pecuaria y acuícola. *Scientia Agropecuaria*.
- Morales, S., Ruiz, A., Moura, A., Solís, V., & Conroy, G. (2011). Prevalencia de enfermedades de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado en ocho regiones de Latinoamérica. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XXI, N° 5, 434 - 446, 2011*.
- Morales, V. & Cuéllar, J. (2008). *GUÍA TÉCNICA - Patología E Inmunología De Camarones Penaeidos*. (V. M. Q. & J. Cuéllar-Anjel, Edits.) Panamá: Programa CYTED Red II-D Vannamei.
- Moriarty, D. (1997). The role of microorganisms in aquaculture ponds. *Aquaculture* , 151: 333-349.
- Ouwehand, A., & Salminen, S. (2003). In vitro adhesion assays for probiotics and their in vivo relevance. *A review. Microbial Ecology in Health and Disease*, 15:175-184.
- Pacini, F. (1854). Osservazioni microscopiche e deduzione patologiche sul colera asiatico. *Gazette Medicale de Italiana Toscano Firenze*, 405-412.

- Reid, G., & Friendship, R. (2002). Alternatives to antibiotic use: probiotics for the gut. *Animal Biotechnology*, 13:97-112.
- Sotomayor, M. & Balcázar, J. (2003). Inhibición de vibrios patógenos de camarón por mezclas de cepas. *Revista AquaTIC*.
- Verschuere, L., Rombaut, P., Sorgeloos, P. & Verstraete, w. (2000). Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. *Microbiology Molecular Biology*, 64: 655-671.
- Wang, Y. B., Z, R. X., & M, S. X. (2005). The effectiveness of comercial probiotics in northern white shrimp (*Penaeus vannamei*) ponds. *Fish. Sci*, 71: 1036-1041.