



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Uso de bacterias biorremediadoras para reducir la materia orgánica en los cultivos de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

**GUERRERO CAJAS VICTOR ANTONIO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Uso de bacterias biorremediadoras para reducir la materia orgánica
en los cultivos de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)**

**GUERRERO CAJAS VICTOR ANTONIO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

EXAMEN DE GRADO O FIN DE CARRERA DE CARÁCTER COMPLEXIVO

Uso de bacterias biorremediadoras para reducir la materia orgánica en los cultivos de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*)

**GUERRERO CAJAS VICTOR ANTONIO
INGENIERO ACUICOLA**

RIVERA INTRIAGO LEONOR MARGARITA

**MACHALA
2023**

USO DE BACTERIAS BIORREMEDIADORAS PARA REDUCIR LA MATERIA ORGANICA EN LOS CULTIVOS DE CAMARON BLANCO (*Litopenaeus vannamei*)

por Victor Guerrero

Fecha de entrega: 07-mar-2024 10:18p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2314825804

Nombre del archivo: ICA_EN_LOS_CULTIVOS_DE_CAMARON_BLANCO_Litopenaeus_vannamei.docx (79.1K)

Total de palabras: 4448

Total de caracteres: 25967

USO DE BACTERIAS BIORREMEDIADORAS PARA REDUCIR LA MATERIA ORGANICA EN LOS CULTIVOS DE CAMARON BLANCO (*Litopenaeus vannamei*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad de Cádiz Trabajo del estudiante	1%
2	www.scielo.org.co Fuente de Internet	1%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	produccioncientificaluz.org Fuente de Internet	1%
5	www.imacmexico.org Fuente de Internet	1%
6	doczz.es Fuente de Internet	<1%
7	pt.scribd.com Fuente de Internet	<1%
8	doku.pub Fuente de Internet	<1%

9

Submitted to ITESM: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Trabajo del estudiante

<1 %

10

pdacrsp.oregonstate.edu

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 13 words

Excluir bibliografía

Apagado

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

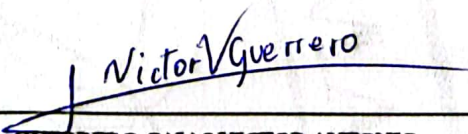
El que suscribe, GUERRERO CAJAS VICTOR ANTONIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado **Uso de bacterias biorremediadoras para reducir la materia orgánica en los cultivos de camarón blanco (Litopenaeus vannamei)**, otorga a la **Universidad Técnica de Machala**, de forma gratuita 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.



GUERRERO CAJAS VICTOR ANTONIO
1150244166

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por darme salud y poder culminar con mis estudios, además darme ánimo y no rendirme por las dificultades que se presentan en la vida. Con cariño y amor agradezco a mi madre y hermanos por ser el pilar fundamental a lo largo de mi carrera y por ayudarme a cumplir este sueño, motivándome en momentos complicados. A mi tutora Ing. Leonor Margarita Rivera Intriago, Ph. D por dedicarme su valioso tiempo y la paciencia brindada para guiarme y poder culminar este trabajo de titulación. Les agradezco finitamente a cada uno de ellos.

DEDICATORIA

El presente trabajo quiero dedicarle primeramente a Dios, por acompañarme durante mi desarrollo estudiantil, estoy seguro de que guía mi camino y me acompaña en este largo viaje que se llama vida. A mi madre Etelvina Cajas Robles que siempre me ha apoyado a lo largo de mis estudios, gracias por enseñarme valores y principios y gracias por inspirarme a seguir adelante. A mis hermanos que admiro y aprecio mucho Mariuxi, Paola, Cindy y Disney por animarme y darme fuerzas en los momentos más difíciles, inspirándome con sus sabias palabras. Dedico este trabajo a cada uno de ustedes, confiando que compartan junto a mí cada logro que obtenga, todos ustedes son mi fuente de inspiración.

RESUMEN

La acuicultura ha experimentado un crecimiento significativo en respuesta a la demanda creciente de productos acuáticos, pero enfrenta desafíos ambientales, especialmente en la calidad del agua. Este artículo revisa el uso de bacterias biorremediadoras para abordar estos desafíos en los cultivos de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Estas bacterias degradan compuestos tóxicos y controlan enfermedades, promoviendo prácticas sostenibles en la acuicultura. Se discute su papel en la reducción de materia orgánica, nutrientes y compuestos tóxicos, crucial para mantener la salud del ecosistema acuático. Se destaca su potencial como alternativa sustentable para la gestión de la calidad del agua en la acuicultura.

Palabras clave: Acuicultura, bacterias biorremediadoras, camarón blanco, calidad del agua, sostenibilidad.

ABSTRACT

Aquaculture has experienced significant growth in response to the increasing demand for aquatic products, but faces environmental challenges, especially in water quality. This article reviews the use of bioremediating bacteria to address these challenges in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming. These bacteria degrade toxic compounds and control diseases, promoting sustainable practices in aquaculture. Their role in reducing organic matter, nutrients, and toxic compounds, crucial for maintaining aquatic ecosystem health, is discussed. Their potential as a sustainable alternative for water quality management in aquaculture is highlighted.

Keywords: Aquaculture, bioremediating bacteria, white shrimp, water quality, sustainability.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
DESARROLLO	7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Cultivo de <i>Litopenaeus vannamei</i>	7
2.2. Materia orgánica en los cultivos de <i>Litopenaeus vannamei</i>	8
2.3. Estrategias para el control de la materia orgánica en las piscinas camaroneras	11
2.4. Biorremediación	13
2.5. Interacción de las bacterias con la materia orgánica en el agua de cultivo.....	18
2.5.1. Selección y adaptación de bacterias biorremediadoras	19
2.6. Ventajas.....	20
3. CONCLUSIONES.....	22
BIBLIOGRAFÍA	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentaje de materia orgánica en los suelos de los estanques acuícolas.....	101
---	-----

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura, también conocida como la cría y cultivo de organismos acuáticos, ha experimentado un crecimiento impresionante en los últimos años como respuesta a la creciente demanda de productos acuáticos, sin embargo, este rápido desarrollo ha llevado a la aparición de diversos desafíos ambientales, especialmente en relación con la calidad del agua en los sistemas acuícolas. (Carrera, 2020)

Mantener una buena calidad del agua es esencial para garantizar la salud y el bienestar de los organismos acuáticos cultivados, una de las soluciones sostenibles y efectivas para abordar los problemas de contaminación y mantener un entorno acuático saludable es el uso de bacterias biorremediadoras (Vásquez et al., 2022)

Estos son microorganismos presentes en el medio ambiente que tienen la capacidad única de degradar y transformar compuestos tóxicos en formas menos dañinas o incluso inofensivas. Estas bacterias son capaces de utilizar los contaminantes presentes en el agua como fuentes de energía y nutrientes, lo que les permite desempeñar un papel crucial en la eliminación de contaminantes y en la restauración de los ecosistemas acuáticos (Villamil Díaz et al., 2011).

En la acuicultura, desempeñan un papel fundamental al ayudar a controlar la acumulación de nutrientes y compuestos tóxicos en los sistemas acuícolas. Estas bacterias pueden descomponer los desechos orgánicos y convertirlos en sustancias más simples, reduciendo así los niveles de nutrientes y compuestos tóxicos en el agua. Esto es especialmente importante para prevenir la eutrofización, un fenómeno que puede resultar en la proliferación excesiva de algas y la reducción de oxígeno disuelto en el agua, afectando negativamente a los organismos cultivados (Luna et al., 2021).

Además, algunas bacterias biorremediadoras tienen la capacidad de controlar enfermedades en los cultivos acuícolas al producir sustancias antimicrobianas que inhiben el crecimiento de

patógenos. Esto no solo reduce el riesgo de enfermedades infecciosas, sino que también disminuye la necesidad de utilizar productos químicos, promoviendo así prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Sheekh et al., 2021).

El uso de bacterias biorremediadoras en la acuicultura representa una solución prometedora para mantener una buena calidad del agua, controlar la acumulación de nutrientes, compuestos tóxicos, y prevenir enfermedades. Estas bacterias ofrecen una alternativa sostenible y efectiva para abordar los desafíos ambientales asociados con el crecimiento de la acuicultura, contribuyendo así a la promoción de prácticas más responsables y sustentables en esta industria en constante expansión (Sheekh et al., 2021)

Por lo descrito anteriormente, se propone realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de bacterias biorremediadoras para reducir la materia orgánica en los cultivos de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

DESARROLLO

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Cultivo de *Litopenaeus vannamei*

La expansión del cultivo del camarón blanco en Ecuador ha sido notable en los últimos años, conforme a un informe emitido en julio de 2018, el sector de la acuicultura de camarón en este país ha experimentado un desarrollo significativo, abarcando casi 220,000 hectáreas, y las exportaciones derivadas de esta actividad representan la principal fuente de ingresos extranjeros para la nación. La especie predominante cultivada en las costas ecuatorianas es el camarón blanco del Pacífico, perteneciente a la familia Litopenaeus, siendo responsable del 95% de la producción total de camarón en Ecuador (Boyd et al., 2021).

La favorable calidad de las aguas litorales y las condiciones climáticas propicias han sido contribuyentes clave en el éxito del cultivo de camarón blanco en Ecuador, la profusión de recursos naturales y la pericia en la cría de camarón han posicionado a Ecuador como uno de los líderes mundiales en la producción y exportación de camarón, el proceso de cultivo se realiza en estanques y criaderos acuícolas, donde se monitorizan rigurosamente los parámetros del agua, incluyendo salinidad, temperatura y calidad (Piedrahita, 2016).

Algunos de los microorganismos comunes que pueden proliferar en piscinas con altos niveles de materia orgánica incluyen (Piedrahita, 2016).

- *Vibrio parahaemolyticus*: Puede causar infecciones gastrointestinales en los camarones y en los seres humanos que los consumen (Piedrahita, 2016).
- *Vibrio harveyi*: Puede causar enfermedades en los camarones, como la necrosis hepatopancreática aguda (AHPND).
- Microsporidios: Son parásitos intracelulares que pueden causar infecciones en los camarones.
- Bacterias del género *Aeromonas*: Pueden causar enfermedades bacterianas en los camarones, como la septicemia. (Piedrahita, 2016).

Es importante mantener un control adecuado de los niveles de materia orgánica en las piscinas camaroneras para asegurar un ambiente saludable para los camarones y optimizar la producción. Esto se puede lograr mediante buenas prácticas de manejo, como la adecuada alimentación y limpieza de los estanques, así como el uso de sistemas de filtración y aireación adecuados (Boyd et al., 2021).

2.2.Materia orgánica en los cultivos de *Litopenaeus vannamei*

Los valores elevados de materia orgánica en las piscinas camaroneras pueden tener varias consecuencias negativas, puede afectar la calidad del agua y del suelo, lo que a su vez puede

tener un impacto negativo en la salud y el crecimiento de los camarones. La acumulación de materia orgánica también puede promover el crecimiento de bacterias y otros microorganismos, lo que puede generar problemas de enfermedades y una calidad del agua deficiente (Fossmark et al., 2020).

La materia orgánica en un cultivo de camarón blanco se refiere a los restos de alimentos no consumidos, excrementos de camarones y otros desechos orgánicos que se acumulan en los estanques de cultivo, esta materia orgánica puede tener un impacto negativo en la calidad del agua y del suelo de los estanques, su descomposición consume el oxígeno disuelto en el agua, lo que puede provocar niveles bajos de oxígeno y afectar la salud y el crecimiento de los camarones (Barik et al., 2018).

Además, la descomposición de la materia orgánica puede generar compuestos tóxicos y aumentar la demanda de oxígeno, lo que lleva a la eutrofización del agua, la disminución de la biodiversidad acuática y la deterioración de la calidad del suelo. Para asegurar un cultivo sostenible de camarones, es necesario implementar prácticas adecuadas de manejo de la materia orgánica, como limpieza regular de los estanques y el uso de sistemas de filtración y tratamiento de agua (Coronel & Yupa, 2019).

La influencia de la materia orgánica en el proceso de cría del camarón es un factor de gran relevancia que demanda una profunda consideración, a lo largo de la fase productiva, los estanques de crianza de camarones experimentan una acumulación sustancial de materia orgánica, la cual generalmente comprende los restos de alimento no consumido, los residuos excretados por los camarones y otros elementos orgánicos descartados, este acúmulo de materia orgánica puede tener repercusiones desfavorables tanto en la calidad del agua como en la salud del suelo que conforma estos espacios de cultivo (Loaiza, 2008).

La descomposición de la materia orgánica entraña un consumo de oxígeno disuelto en el agua, lo que potencialmente conduce a una disminución en los niveles de oxígeno disponibles y, en consecuencia, ejerce influencia en la vitalidad y desarrollo de los camarones alojados en estos sistemas, además, la descomposición de esta materia puede originar compuestos de naturaleza tóxica y amplificar la exigencia de oxígeno, fenómeno que puede promover la eutrofización del agua, la disminución de la diversidad biológica acuática y el detrimento de la calidad edáfica (Lopes, 2021).

Con el objetivo de asegurar un proceso de cría de camarón que exhiba una fundamentada sostenibilidad, se torna imperativo instaurar prácticas óptimas en el manejo de la materia orgánica, entre estas estrategias cabe destacar la implementación de procedimientos periódicos de limpieza en los estanques, así como la adopción de sistemas de filtración y tratamientos hídricos, con la finalidad de mitigar el efecto negativo de la acumulación orgánica y mantener un entorno adecuado para el desarrollo saludable de los camarones (Lopes, 2021).

Los estanques atraviesan diversas fases combinadas en un protocolo de tratamiento destinado a la preparación del suelo para el subsiguiente ciclo de producción, esta serie de pasos tiene como propósito primordial la prevención de enfermedades en el cultivo. La acumulación de partículas en los estanques es resultado de múltiples factores, que incluyen la reconfiguración topográfica, así como la presencia de materia orgánica (MO) proveniente de organismos planctónicos fallecidos, restos de alimento no consumido y excrementos animales. Además, el envejecimiento natural de los estanques también contribuye a esta acumulación. En la Tabla 1 se detallan los niveles porcentuales de materia orgánica que se recomienda mantener en los suelos de los estanques (Coronel & Yupa, 2019).

Tabla 1. Porcentaje de materia orgánica en los suelos de los estanques acuícolas

Rango (%)	Clasificación	Recomendación
<1.5	Pobre en MO	No secar más de 15 días y si es posible menos
1.5-2.5	Normal	Secar y sembrar
2.5-4.0	Alto en MO	Secar, roturar suave y sembrar
4.0-6.0	Muy alto en MO	Secar, roturar, fuerte y sembrar
6.0	Exceso de MO	Tomar medidas extremas para enmendar el suelo. Secar hasta cuarteo, roturar el fondo, lavado antes de sembrar

Fuente: (Coronel & Yupa, 2019).

Los niveles normales de materia orgánica en piscinas camaroneras deben ser lo más bajos posible, la presencia de altos niveles de materia orgánica puede afectar la calidad del agua y el suelo. La acumulación de materia orgánica puede facilitar el crecimiento de bacterias y otros microorganismos, lo que puede llevar a problemas de enfermedades y mala calidad del agua, por lo tanto, es importante mantener un control adecuado de los niveles de materia orgánica en las piscinas camaroneras para garantizar un entorno saludable para los camarones y optimizar la producción (Herbeck et al., 2013).

2.3.Estrategias para el control de la materia orgánica en las piscinas camaroneras

Según (Navarrete Álava et al., 2022), las estrategias para el control de la materia orgánica en las piscinas camaroneras incluyen:

- Alimentación adecuada: Proporcionar una cantidad de alimento que los camarones puedan consumir completamente en un corto período de tiempo, evitar el exceso de alimentación, ya que esto puede aumentar los niveles de materia orgánica en el agua.
- Limpieza regular de los estanques: Realizar limpiezas periódicas de los estanques para eliminar los sedimentos y residuos acumulados, esto ayudará a reducir los niveles de materia orgánica en el agua. (Navarrete Álava et al., 2022)
- Filtración y aireación adecuadas: Utilizar sistemas de filtración y aireación adecuados para mantener una buena calidad del agua, esto ayudará a reducir la acumulación de materia orgánica y promoverá una mejor salud y crecimiento de los camarones.
- Uso de productos biológicos: Algunos productos biológicos como los biorremediadores pueden ayudar a descomponer la materia orgánica en el agua de forma natural, estos productos contienen microorganismos beneficiosos que ayudan a mantener un equilibrio saludable en el estanque, como por ejemplo algunos productos que contienen:
 - Enzimas proteolíticas y lipolíticas (Proteasa y Lipasa): Estas enzimas, como la proteasa y la lipasa, son obtenidas de microorganismos y tienen la capacidad de descomponer proteínas y lípidos, respectivamente, ayudan en la degradación de residuos orgánicos en el agua. (Navarrete Álava et al., 2022)
 - Plantas acuáticas autóctonas (Ejemplo: *Elodea canadensis*): Este producto implica la introducción de plantas acuáticas nativas, como *Elodea canadensis*, que tienen la capacidad de absorber nutrientes y materia orgánica del agua. Estas plantas ayudan a mantener un equilibrio en el ecosistema acuático. (Navarrete Álava et al., 2022)
 - Polímeros de absorción de nutrientes (Polímeros catiónicos): Estos polímeros catiónicos son diseñados para adsorber y precipitar nutrientes y materia orgánica en el agua. Ayudan a reducir la disponibilidad de nutrientes que fomentan el crecimiento de algas y plantas no deseadas, lo que mejora la calidad del agua.

Es importante tener en cuenta que cada piscina camarón era puede tener diferentes requerimientos y condiciones específicas, por lo tanto, es recomendable consultar con expertos en el campo y seguir las buenas prácticas de manejo para garantizar un control adecuado de la materia orgánica y promover la salud y el crecimiento óptimo de los camarones (Coronel & Yupa, 2019).

2.4.Biorremediación

Según (González, 2011), dice que la biorremediación es un proceso que emplea microorganismos vivos con el propósito de remediar condiciones adversas en una piscina de cultivo de camarones que ha sido alterada debido a la acumulación de materia orgánica, esta técnica consiste en la aplicación de tratamientos que involucran microorganismos eficientes o consorcios microbianos autóctonos con el fin de descomponer y eliminar la materia orgánica presente tanto en el agua como en el suelo de los estanques. Estos microorganismos pueden ser introducidos en el agua, utilizados como probióticos en la alimentación de los camarones, o aplicados directamente en el suelo, la biorremediación ayuda a controlar los niveles de materia orgánica, lo cual promueve la salud y el crecimiento óptimo de los camarones en la piscina camarонера.

Los microorganismos utilizados en la biorremediación son diversos y se pueden adaptar a una variedad de condiciones ambientales, esto permite aplicar la biorremediación en diferentes tipos de hábitats y contextos, como suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas y sedimentos, a diferencia de algunos métodos químicos de remediación, la biorremediación tiende a generar menos productos secundarios tóxicos o potencialmente perjudiciales, la mayoría de las veces, los productos finales degradados son sustancias menos tóxicas y no dañinas (Jasmin et al., 2020).

La biorremediación es un proceso que utiliza microorganismos vivos para degradar, transformar o eliminar contaminantes del medio ambiente, hay varios tipos de microorganismos que contribuyen a la biorremediación, cada uno con un papel específico en la degradación de diferentes tipos de contaminantes (Lianzuan et al., 2023).

- **Hongos:** Los hongos también son utilizados en la biorremediación debido a su capacidad para degradar compuestos orgánicos complejos y resistentes, algunos géneros y especies de hongos incluyen:
 - Trichoderma: Género de hongos que puede degradar compuestos como lignina y celulosa, útiles en la degradación de materiales vegetales.
 - *Phanerochaete chrysosporium*: Un hongo ligninolítico utilizado para degradar contaminantes orgánicos en suelos y aguas contaminadas. (Lianzuan et al., 2023)
- **Algas y cianobacterias:** Estos microorganismos fotosintéticos pueden participar en la biorremediación al absorber nutrientes en exceso, como nitrógeno y fósforo, de cuerpos de agua contaminados, esto puede ayudar a reducir la proliferación de algas nocivas y la eutrofización.
- **Arqueas:** Algunas arqueas son capaces de sobrevivir en ambientes extremos y pueden desempeñar un papel importante en la degradación de contaminantes en condiciones extremas, como altas temperaturas o alta salinidad.
- **Actinomicetos:** Estos microorganismos son especialmente buenos para degradar compuestos orgánicos complejos y recalcitrantes, pueden encontrarse en el suelo y desempeñar un papel crucial en la descomposición de materiales orgánicos.
- **Bacterias:** Las bacterias son los agentes más comunes en la biorremediación debido a su diversidad metabólica y capacidad para degradar una amplia gama de contaminantes, algunos ejemplos incluyen:

En la biorremediación de materia orgánica, se emplean diversas especies bacterianas debido a su capacidad para degradar y descomponer compuestos orgánicos, algunas de las especies bacterianas comúnmente utilizadas en este proceso son *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Desulfovibrio*, *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, *Streptomyces*, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Methanobacterium* (Barman, 2020)

- *Pseudomonas spp.*: este género de bacterias es conocido por su versatilidad y capacidad para degradar una amplia gama de contaminantes orgánicos, son eficientes en la descomposición de hidrocarburos y otros compuestos orgánicos recalcitrantes.
- *Bacillus spp.*: Otra categoría de bacterias ampliamente empleada en la biorremediación, tienen la capacidad de descomponer materia orgánica y compuestos recalcitrantes. Además, algunos miembros del género *Bacillus* son capaces de formar esporas resistentes, lo que les permite sobrevivir en condiciones ambientales adversas.
- *Clostridium spp.*: Estas bacterias anaerobias desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica en entornos sin oxígeno, son importantes para la fermentación y la degradación de compuestos orgánicos complejos.
- *Desulfovibrio spp.*: Son bacterias anaerobias que pueden reducir sulfatos y otros compuestos sulfurados, contribuyendo a la degradación de materia orgánica en ambientes con baja disponibilidad de oxígeno.
- *Rhodococcus spp.*: Estas bacterias tienen una notable capacidad para degradar compuestos orgánicos y xenobióticos, como hidrocarburos y contaminantes químicos, son particularmente efectivas en la descomposición de compuestos recalcitrantes. (Barman, 2020)

- *Acinetobacter spp.*: Son bacterias ampliamente distribuidas en la naturaleza y son reconocidas por su habilidad para degradar una variedad de compuestos orgánicos, incluyendo hidrocarburos y productos químicos industriales.
- *Streptomyces spp.*: Este género de bacterias filamentosas es reconocido por su papel en la descomposición de la celulosa y otros materiales vegetales, contribuyendo a la degradación de materia orgánica en ambientes terrestres.
- *Escherichia coli*: Aunque a menudo se asocia con patógenos, algunas cepas de *E. coli* han sido modificadas genéticamente para degradar compuestos orgánicos en la biorremediación.
- *Salmonella spp.*: Al igual que *E. coli*, algunas cepas de *Salmonella* también han sido modificadas para tener aplicaciones en la biorremediación.
- *Methanobacterium spp.*: Aunque son arqueas, no bacterias, estos microorganismos son importantes en la degradación de materia orgánica en ambientes anaerobios y en la producción de metano (Barman, 2020).

Bacterias Aerobias:

Características:

Las bacterias aerobias presentan la necesidad de oxígeno para su metabolismo y subsistencia, en su proceso de respiración celular, emplean el oxígeno como receptor final de electrones en la cadena de transporte de electrones. Además, sus enzimas y procesos metabólicos se encuentran adaptados para operar en presencia de oxígeno (Prabu et al., 2016).

Funciones:

Estas bacterias ejecutan la respiración aerobia, un proceso metabólico altamente eficiente que resulta en la generación de una significativa cantidad de energía en forma de ATP, asimismo, descomponen la materia orgánica, liberando dióxido de carbono y agua como productos finales del proceso de respiración. Adicionalmente, desempeñan un papel crucial en la mineralización de compuestos orgánicos en suelos y cuerpos de agua, posibilitando el reciclaje de nutrientes esenciales para otros organismos (Martínez et al., 2014).

Bacterias Anaerobias:

Características:

Las bacterias anaerobias subsisten y proliferan en ausencia de oxígeno, a diferencia de las bacterias aerobias, no utilizan oxígeno como receptor final de electrones en la cadena de transporte de electrones (Burbano et al., 2021).

Funciones:

Estas bacterias llevan a cabo una diversidad de formas de metabolismo anaerobio, incluyendo la fermentación y la respiración anaerobia, emplean sustancias distintas al oxígeno como aceptores de electrones en sus procesos metabólicos. Son capaces de descomponer la materia orgánica en entornos caracterizados por una presencia limitada o nula de oxígeno. Cabe mencionar que algunas bacterias anaerobias desempeñan un rol de relevancia en la digestión dentro del sistema digestivo de diversos animales, incluyendo seres humanos (Burbano et al., 2021).

La biorremediación puede contribuir a la restauración de ecosistemas dañados al eliminar los contaminantes y permitir que los sistemas naturales se recuperen, esto es especialmente valioso en áreas donde los métodos convencionales podrían ser más invasivos. Los microorganismos pueden ser modificados genéticamente para mejorar su eficacia en la degradación de contaminantes específicos o para sobrevivir en condiciones ambientales extremas, lo que

amplía su potencial para abordar problemas de contaminación difíciles, la biorremediación es generalmente bien recibida por el público y las comunidades locales debido a su enfoque natural y su capacidad para mejorar la calidad del ambiente en lugar de simplemente enmascarar los contaminantes (Jasmin et al., 2020).

2.5. Interacción de las bacterias con la materia orgánica en el agua de cultivo.

La interacción entre las bacterias y la materia orgánica en el agua de cultivo es un aspecto esencial y fascinante en la acuicultura y la gestión de ecosistemas acuáticos, en este proceso, microorganismos específicos, como las bacterias, desempeñan un papel crítico en la degradación y transformación de la materia orgánica presente en el entorno acuático, esta interacción no solo influye en la calidad del agua, sino que también afecta directamente la salud y el rendimiento de los organismos acuáticos que habitan en estos ecosistemas (Hlordzi et al., 2020).

Estas bacterias también desempeñan una función en el ciclo del nitrógeno en el medio de cultivo, contribuyendo a la transformación del amonio, un subproducto del metabolismo tanto de los camarones como de otros organismos, en nitritos y posteriormente en nitratos, estas sustancias ricas en nitrógeno son aprovechadas por el fitoplancton y las algas como fuentes de nutrientes. La presencia bacteriana en el entorno acuático puede generar competencia por los nutrientes disponibles, lo que tiene el potencial de afectar el equilibrio de la comunidad microbiana y el desarrollo del fitoplancton. Es imperativo mantener un equilibrio adecuado para prevenir la proliferación indeseada de microorganismos (Alfiansah et al., 2018).

La actividad bacteriana puede ejercer influencia sobre la calidad del agua al consumir oxígeno en el proceso de descomposición de la materia orgánica, en situaciones en las que la carga de materia orgánica es elevada, las bacterias pueden agotar el oxígeno disuelto en el agua, lo que conlleva a la hipoxia, situación que podría ser perjudicial para los camarones, a pesar de ello, algunas bacterias pueden brindar beneficios a los camarones al competir con patógenos y

favorecer su salud general, no obstante, en condiciones desequilibradas, un aumento en la población de bacterias patógenas podría generar enfermedades en los camarones. La actividad bacteriana en la descomposición de la materia orgánica puede generar subproductos metabólicos y compuestos químicos que tienen el potencial de alterar la química del agua y la salud en general del ecosistema acuático (Isuiza, 2016).

2.5.1. Selección y adaptación de bacterias biorremediadoras

La selección y adaptación de bacterias para entornos de cultivo específicos es un proceso fundamental en la biorremediación y en otras aplicaciones donde se busca aprovechar las capacidades metabólicas de los microorganismos, los pasos y consideraciones clave en este proceso se describen a continuación:

Selección de Bacterias:

Se debe comprender las características del contaminante o material a tratar y el entorno de cultivo es esencial, esto ayuda a identificar las especies bacterianas con las capacidades metabólicas adecuadas para degradar o transformar el contaminante objetivo. Investigar literatura científica y bases de datos para identificar bacterias que se hayan demostrado efectivas en la degradación del contaminante, también es posible considerar microorganismos aislados de ambientes similares (Vinothkumar et al., 2021).

Realizar pruebas en laboratorio para evaluar la capacidad de las bacterias candidatas para descomponer el contaminante en condiciones controladas, esto puede incluir ensayos de actividad enzimática y tasas de degradación. Evaluar si las bacterias seleccionadas pueden sobrevivir y prosperar en el entorno específico de la biorremediación, esto incluye factores como pH, temperatura, salinidad y disponibilidad de nutrientes (Jasmin et al., 2020).

Adaptación de Bacterias:

Después de la introducción inicial de las bacterias en el entorno, las especies que demuestran un mayor rendimiento y adaptación deben ser favorecidas para continuar el proceso de biorremediación, supervisar regularmente la actividad bacteriana y el progreso de la degradación. Si se observa una disminución en la eficacia, se pueden tomar medidas para optimizar las condiciones, como ajustar el pH, la temperatura o la disponibilidad de nutrientes, en algunos casos, es posible inducir mutaciones o modificar genéticamente las bacterias para mejorar su capacidad de degradación o adaptación a las condiciones específicas del entorno (Chávez & Obreque, 2010).

En lugar de una sola especie bacteriana, se pueden emplear consorcios de microorganismos que trabajan en conjunto para abordar diferentes etapas del proceso de biorremediación. Esto puede aumentar la eficacia y la resistencia al cambio ambiental, a lo largo del tiempo, las bacterias que mejor se adapten a las condiciones del entorno prevalecerán debido a la selección natural, esto puede resultar en poblaciones bacterianas más efectivas y adaptadas (Jasmin et al., 2020).

2.6.Ventajas

La interacción entre las bacterias y la materia orgánica en el agua utilizada para el cultivo de camarones es un proceso esencial que desempeña un papel fundamental en la preservación de la salud y calidad del entorno acuático, las bacterias tienen una función central en la descomposición y reciclaje de la materia orgánica, una función que incide directamente en la calidad del agua y en el bienestar de los camarones (Karthik et al., 2016).

En la etapa de descomposición de la materia orgánica presente en el agua de cultivo, las bacterias cumplen un rol crucial al emplearla como fuente de carbono y energía mediante procedimientos de descomposición. Como consecuencia de esta actividad, los nutrientes esenciales, como el nitrógeno y el fósforo, son liberados al agua, siendo de vital importancia para el desarrollo del fitoplancton y las algas (Dong et al., 2021).

Las bacterias biorremediadoras pueden competir con bacterias patógenas en el entorno acuático, reduciendo así el riesgo de infecciones y enfermedades en los camarones, al ocupar los nichos ecológicos, pueden disminuir la presencia de patógenos dañinos, al descomponer la materia orgánica y los contaminantes en el agua, las bacterias biorremediadoras pueden mejorar la calidad del agua en la piscina camaronera, reduciendo la acumulación de desechos y previniendo la proliferación de patógenos(Dong et al., 2021).

Las bacterias biorremediadoras pueden ayudar a mantener un ambiente equilibrado en la piscina, reduciendo el estrés en los camarones. Un ambiente menos estresante favorece un crecimiento saludable y una mayor resistencia a las enfermedades, al promover una comunidad microbiana equilibrada, las bacterias biorremediadoras contribuyen a estabilizar el ecosistema de la piscina camaronera, lo que a su vez puede mejorar la eficiencia de la producción de camarones (Noriega Alcántara, 2023).

Elegir las bacterias biorremediadoras adecuadas para un sistema de cultivo específico puede ser un desafío, deben ser efectivas en la degradación de contaminantes y no generar efectos secundarios no deseados, las bacterias biorremediadoras pueden competir con microorganismos beneficiosos, como los que forman parte del ciclo del nitrógeno, esto podría alterar el equilibrio del ecosistema acuático.(Noriega Alcántara, 2023)

Las bacterias biorremediadoras necesitan adaptarse a las condiciones cambiantes del ambiente acuático, la persistencia de estas bacterias en el largo plazo puede ser un desafío, ya que las condiciones pueden favorecer el crecimiento de otras especies microbianas. Introducir bacterias biorremediadoras en el sistema podría alterar la comunidad microbiana natural y potencialmente causar efectos no anticipados en la ecología microbiana, la introducción de microorganismos modificados genéticamente o de bacterias exóticas en el medio ambiente

puede requerir aprobaciones regulatorias, asegurarse de cumplir con las regulaciones locales y nacionales es un desafío importante (Wu et al., 2023).

3. CONCLUSIONES

En conclusión, el uso de bacterias biorremediadoras en los cultivos de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) representa una estrategia para reducir la materia orgánica y mejorar la calidad del agua en estas instalaciones acuícolas, a lo largo del desarrollo, se destacó la importancia de mantener un ambiente acuático saludable para garantizar un óptimo crecimiento y desarrollo de los camarones, así como para prevenir la propagación de enfermedades.

Las bacterias biorremediadoras, al descomponer la materia orgánica y participar en el ciclo de nutrientes, contribuyen de manera significativa a mantener un equilibrio en los sistemas de cultivo, esto no solo beneficia a los camarones al proporcionarles un ambiente más limpio y rico en nutrientes, sino que también puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad y la rentabilidad de la industria camaronera. Sin embargo, es fundamental destacar que el uso de bacterias biorremediadoras debe ser gestionado de manera cuidadosa y monitoreado de cerca. Se deben seleccionar cepas bacterianas adecuadas y adaptadas a las condiciones locales, y se deben seguir buenas prácticas de manejo para evitar desequilibrios en el ecosistema acuático, además, se deben considerar los posibles efectos secundarios y la competencia con otros microorganismos, incluyendo patógenos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfiansah, Y. R., Hassenrück, C., Kunzmann, A., Taslihan, A., Harder, J., & Gärdes, A. (2018). Bacterial abundance and community composition in pond water from shrimp aquaculture systems with different stocking densities. *Frontiers in Microbiology*, 9(OCT). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02457>
- Barik, P., Haldar, C., Ram, R., & Vardia, H. K. (2018). Study on nitrifying bacteria as bioremediator of ammonia in simulated aquaculture system. ~ 1200 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3).
- Barman, D. (2020). Bioremediation of Waste Waters and Application in Aquaculture - A Mini Review. *Research Biotica*, 2(1). <https://doi.org/10.54083/resbio.2.1.2020.20-25>
- Boyd, C. E., Davis, R. P., Gonzalez Wilson, A., Marcillo, F., Brian, S., & McNevin, A. A. (2021). *Litopenaeus vannamei* en Ecuador. *World Aquaculture Society*. <https://doi.org/10.1111/jwas.12818>
- Burbano-Gallardo, E., Duque-Nivia, G., Imues-Figueroa, M., Gonzalez-Legarda, E., Delgado-Gómez, M., & Pantoja-Díaz, J. (2021). Efecto de cultivos piscícolas en los sedimentos y la proliferación de comunidades bacterianas nitrificantes en el lago Guamuez, Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1581
- Carrera, N. Í. (2020). Breve historia de la acuicultura y salmonicultura en el sur de Chile(1856-2000). *RTR. Revista Territorios y Regionalismos*, 3(3). <https://doi.org/10.29393/rtr3-3ncbh10003>
- Chávez-Crooker, P., & Obreque-Contreras, J. (2010). Bioremediation of aquaculture wastes. *Current Opinion in Biotechnology*, 21(3), 313–317. <https://doi.org/10.1016/J.COPBIO.2010.04.001>
- Coronel, K. I., & Yupa, G. K. (2019). Evaluación del activador enzimático en la disminución de la materia orgánica en estanques de camarones. *Universidad de Guayaquil*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/39970>
- Dong, D., Sun, H., Qi, Z., & Liu, X. (2021a). Improving microbial bioremediation efficiency of intensive aquacultural wastewater based on bacterial pollutant metabolism kinetics analysis. *Chemosphere*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129151>

- Dong, D., Sun, H., Qi, Z., & Liu, X. (2021b). Improving microbial bioremediation efficiency of intensive aquacultural wastewater based on bacterial pollutant metabolism kinetics analysis. *Chemosphere*, 265. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129151>
- El-Sheekh, M., Abdel-Daim, M. M., Okba, M., Gharib, S., Soliman, A., & El-Kassas, H. (2021). Green technology for bioremediation of the eutrophication phenomenon in aquatic ecosystems: a review. In *African Journal of Aquatic Science* (Vol. 46, Issue 3). <https://doi.org/10.2989/16085914.2020.1860892>
- Fossmark, R. O., Vadstein, O., Rosten, T. W., Bakke, I., Košeto, D., Bugten, A. V., Helberg, G. A., Nesje, J., Jørgensen, N. O. G., Raspati, G., Azrague, K., Østerhus, S. W., & Attramadal, K. J. K. (2020). Effects of reduced organic matter loading through membrane filtration on the microbial community dynamics in recirculating aquaculture systems (RAS) with Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 524, 735268. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735268>
- González Rojas, E. H. (2011). Concepto y estrategias de biorremediación. *Inge@uan*, 1(1).
- Herbeck, L. S., Unger, D., Wu, Y., & Jennerjahn, T. C. (2013). Effluent, nutrient and organic matter export from shrimp and fish ponds causing eutrophication in coastal and back-reef waters of NE Hainan, tropical China. *Continental Shelf Research*, 57, 92–104. <https://doi.org/10.1016/J.CSR.2012.05.006>
- Hlordzi, V., Kuebutornye, F. K. A., Afriyie, G., Abarike, E. D., Lu, Y., Chi, S., & Anokyewaa, M. A. (2020). The use of *Bacillus* species in maintenance of water quality in aquaculture: A review. In *Aquaculture Reports* (Vol. 18). <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100503>
- Isuiza, B. M. (2016). Efecto de microorganismos eficaces (EM) en la biorremediación de agua y lodo de estanques piscícolas. Pucallpa, Perú. *Universidad Nacional de Ucayali*. <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/3248>
- Jasmin, M. Y., Syukri, F., Kamarudin, M. S., & Karim, M. (2020a). Potential of bioremediation in treating aquaculture sludge: Review article. *Aquaculture*, 519, 734905. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734905>
- Jasmin, M. Y., Syukri, F., Kamarudin, M. S., & Karim, M. (2020b). Potential of bioremediation in treating aquaculture sludge: Review article. *Aquaculture*, 519, 734905. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734905>

- Karthik, R., Pushpam, A., Chelvan, Y., & Vanitha, M. (2016). Efficacy of Probiotic and Nitrifier Bacterial Consortium for the Enhancement of *Litopenaeus Vannamei* Aquaculture. *International Journal of Veterinary Science and Research*, 2(1), 001–006. <https://doi.org/10.17352/ijvsr.000006>
- Loaiza, A. F. (2008). Aislamiento e identificación de microorganismos del suelo de piscinas de camarón contaminado con materia orgánica. *Universidad Internacional SEK*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/2429>
- Lopes, G. R. (2021). *Estratégias de biorremediação de sedimentos em viveiros de piscicultura com bactérias do gênero Bacillus: estudo em escala laboratorial*. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/226810>
- Luna, C. B., Vergara-González, L., & Castro, E. (2021). Erratum: Potencial aplicación de bacterias ácido lácticas en sistemas de tratamiento de agua (Ecosistemas 30:2 2224 Doi:10.7818/ECOS.2224). In *Ecosistemas* (Vol. 30, Issue 3). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2334>
- Martinez-Porchas, M., Martinez-Cordova, L. R., Lopez-Elias, J. A., & Porchas-Cornejo, M. A. (2014). Bioremediation of Aquaculture Effluents. *Microbial Biodegradation and Bioremediation*, 539–553. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800021-2.00024-8>
- Navarrete Álava, J., Noles Aguilar, P., Delgado Villafuerte, C., Hernández de Guerrero, N., & Guerrero-Ríos, R. (2022). *Biorremediación de efluentes del cultivo de camarón por medio de consorcios microbianos autóctonos y microalgas nativas en Manabí, Ecuador*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.6536004>
- Noriega Alcántara, W. F. (2023). Caracterización molecular de bacterias con capacidad biorremediadora, aislados de canales de marea aledaños a zonas de cultivo de langostino de Tumbes. *Universidad Nacional de Tumbes*. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/64006>
- Piedrahita, Y. L. (2016). Manual de buenas prácticas en el Cultivo de Camarón en Estanques en Ecuador. *Universidad de Guayaquil*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/11888>
- Prabu, E., Anix, A. A., & Santhiya, V. (2016). *An Overview Of Bioremediation Towards Aquaculture*. www.printspublications.com

- Vásquez-Quispesivana, W., Inga, M., Betalleluz-Pallardel, I., La, A., Molina, M. A. La, Molina, L., & Perú, L. (2022). Inteligencia artificial en acuicultura: fundamentos, aplicaciones y perspectivas futuras. *Scientia Agropecuaria*, 13(1).
- Villamil Díaz, L. M., Infante Villamil, S. M., & Lecompte Pérez, O. P. (2011). Uso de microorganismos benéficos en el alimento vivo para controlar la aparición de enfermedades durante el cultivo de animales acuáticos. *Revista Mutis*, 2(2). <https://doi.org/10.21789/22561498.79>
- Vinothkumar, R., Dar, J. Y., Bharti, V. S., Singh, A., Vennila, A., Bhat, I. A., & Pandey, P. K. (2021). Heterotrophic nitrifying and aerobic denitrifying bacteria: Characterization and comparison of shrimp pond and effluent discharge channel in aspects of composition and function. *Aquaculture*, 539. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736659>
- Wu, L., Yang, P., Zhang, L., Luo, L., Hong, Y., Zhu, W., Zheng, L., Zhao, G., Tong, C., & Peñuelas, J. (2023a). Sediment sulfate content determines assembly processes and network stability of bacteria communities of coastal land-based shrimp aquaculture ponds. *Aquaculture*, 563, 738953. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738953>
- Wu, L., Yang, P., Zhang, L., Luo, L., Hong, Y., Zhu, W., Zheng, L., Zhao, G., Tong, C., & Peñuelas, J. (2023b). Sediment sulfate content determines assembly processes and network stability of bacteria communities of coastal land-based shrimp aquaculture ponds. *Aquaculture*, 563, 738953. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2022.738953>