



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Evaluación de multicepas para controlar amonio ( $\text{NH}_4$ ) en agua de piscinas camaroneras.**

**ROMERO MALDONADO ANA BELEN  
INGENIERA ACUICOLA**

**MATAMOROS ROMERO GERALDINE GISSELE  
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Evaluación de multicepas para controlar amonio ( $\text{NH}_4$ ) en agua de piscinas camaroneras.**

**ROMERO MALDONADO ANA BELEN  
INGENIERA ACUICOLA**

**MATAMOROS ROMERO GERALDINE GISSELE  
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA  
2024**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**Evaluación de multicepas para controlar amonio (NH<sub>4</sub>) en agua de piscinas camaroneras.**

**ROMERO MALDONADO ANA BELEN  
INGENIERA ACUICOLA**

**MATAMOROS ROMERO GERALDINE GISSELE  
INGENIERA ACUICOLA**

**RIVERA INTRIAGO LEONOR MARGARITA**

**MACHALA  
2024**



# TRABAJO DE TITULACIÓN

5%  
Textos sospechosos



5% Similitudes  
0% similitudes entre comillas  
1% entre las fuentes mencionadas  
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: TRABAJO DE TITULACIÓN.docx  
ID del documento: dafc8441194f56e54e7514935254fa80a6b1da98  
Tamaño del documento original: 4,98 MB  
Autores: []

Depositante: LEONOR MARGARITA RIVERA INTRIAGO  
Fecha de depósito: 8/2/2025  
Tipo de carga: interface  
fecha de fin de análisis: 8/2/2025

Número de palabras: 6067  
Número de caracteres: 40.984

Ubicación de las similitudes en el documento:



## Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://doi.org/10.21929/abavet2024.18">doi.org   Biofloc en el tratamiento de aguas residuales del cultivo de peces</a> https://doi.org/10.21929/abavet2024.18 3 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
2	<a href="http://dx.doi.org/10.22579/20112629.793">dx.doi.org   PERIFITON Y SUS APLICACIONES EN LA ACUICULTURA</a> http://dx.doi.org/10.22579/20112629.793	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)

## Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12978/2/03_BIO_042_TRABAJO_DE_GRADO.pdf">repositorio.utn.edu.ec</a> https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12978/2/03_BIO_042_TRABAJO_DE_GRADO.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	<a href="https://doi.org/10.33920/sel-09-2410-04">doi.org   The effect of a probiotic drug on an enterosorbent on the change in the fun...</a> https://doi.org/10.33920/sel-09-2410-04	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
3	<a href="https://www.redalyc.org/journal/4076/407671922008/407671922008.pdf">www.redalyc.org   Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitr...</a> https://www.redalyc.org/journal/4076/407671922008/407671922008.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
4	<a href="http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.025">dx.doi.org   A review about biocontrollers of Phytophthora capsici and its impact on ...</a> http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.025	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (19 palabras)
5	<a href="http://difusioncientifica.info/index.php/difusioncientifica/article/view/105">difusioncientifica.info</a> http://difusioncientifica.info/index.php/difusioncientifica/article/view/105	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)

**Fuentes ignoradas** Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<b>TESIS ROMERO-MATAMOROS.docx</b>   TESIS ROMERO-MATAMOROS #42e380 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	100%		Palabras idénticas: 100% (6067 palabras)
2	<b>TESIS ROMERO-MATAMOROS.docx</b>   TESIS ROMERO-MATAMOROS #5dfa86 El documento proviene de mi biblioteca de referencias	100%		Palabras idénticas: 100% (6067 palabras)
3	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17516/1/ECUACA-2021-IAC-DE00015.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a> http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17516/1/ECUACA-2021-IAC-DE00015.pdf	4%		Palabras idénticas: 4% (227 palabras)
4	<b>Documento de otro usuario</b> #32b685 El documento proviene de otro grupo	4%		Palabras idénticas: 4% (227 palabras)
5	<a href="https://biblioteca.utmachala.edu.ec/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/CLAUSULA_CESION...">biblioteca.utmachala.edu.ec</a> https://biblioteca.utmachala.edu.ec/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/CLAUSULA_CESION...	4%		Palabras idénticas: 4% (227 palabras)
6	<a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17516/1/ECUACA-2021-IAC-DE00015.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a> https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17516/1/ECUACA-2021-IAC-DE00015.pdf	4%		Palabras idénticas: 4% (227 palabras)
7	<a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16161/1/TTUACA-2020-EA-DE00014.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a> https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16161/1/TTUACA-2020-EA-DE00014.pdf	4%		Palabras idénticas: 4% (227 palabras)
8	<a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11908">repositorio.utmachala.edu.ec</a>   Autoevaluación de la Facultad de Ciencias Empresa... http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11908	4%		Palabras idénticas: 4% (227 palabras)
9	<a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11908/2/Clàusula-Autoría.pdf">repositorio.utmachala.edu.ec</a> https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11908/2/Clàusula-Autoría.pdf	4%		Palabras idénticas: 4% (227 palabras)
10	<a href="https://www.utmachala.edu.ec/archivos/transparencia/2016/Reglamentos/Julio/CESION_DERECH...">www.utmachala.edu.ec</a> https://www.utmachala.edu.ec/archivos/transparencia/2016/Reglamentos/Julio/CESION_DERECH...	4%		Palabras idénticas: 4% (222 palabras)

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
11	 <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b>   Rol de la secretaria ejecutiva en la Organización de ... <a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/8799">http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/8799</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (213 palabras)
12	 <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b>   Rol de la secretaria ejecutiva en la Organización de ... <a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/8799/3/ECUACE-2016-SE-CD00013.pdf.txt">http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/8799/3/ECUACE-2016-SE-CD00013.pdf.txt</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (213 palabras)
13	 <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> <a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17632/1/TTUACA-2021-EA-DE00027.pdf">https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17632/1/TTUACA-2021-EA-DE00027.pdf</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (203 palabras)
14	 <b>www.studocu.com</b>   LEYENDA: UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA COMPRESIÓN... <a href="https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-machala/lengua-y-literatura/leye...">https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-de-machala/lengua-y-literatura/leye...</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (202 palabras)
15	 <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> <a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17148/1/DESARROLLO%20COGNITIVO%20Y%20APRE...">https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17148/1/DESARROLLO COGNITIVO Y APRE...</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (202 palabras)
16	 <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b> <a href="https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23721/1/SUQUILANDA-FAJARDO%20013.pdf">https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/23721/1/SUQUILANDA-FAJARDO 013.pdf</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (200 palabras)
17	 <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b>   Análisis de tratamiento tributario sobre dividendos ... <a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13637/1/ECUACE-2019-CA-DE01021.pdf">http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13637/1/ECUACE-2019-CA-DE01021.pdf</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (196 palabras)
18	 <b>repositorio.utmachala.edu.ec</b>   Análisis de tratamiento tributario sobre dividendos ... <a href="http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13637">http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13637</a>	3%		🔗 Palabras idénticas: 3% (196 palabras)
19	 <b>revistas.unal.edu.co</b> <a href="https://revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/article/view/101539">https://revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/article/view/101539</a>	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
20	 <b>Documento de otro usuario</b> #36ed60 👤 El documento proviene de otro grupo	< 1%		🔗 Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

-  <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734563>
-  <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1069053>
-  <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2021.105697>
-  <https://doi.org/10.13170/depik.11.1.21663>
-  <https://orcid.org/0000-0002-0407-730X>

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

Las que suscriben, ROMERO MALDONADO ANA BELEN y MATAMOROS ROMERO GERALDINE GISSELE, en calidad de autoras del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de multicepas para controlar amonio (NH4) en agua de piscinas camaroneras., otorgan 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 tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Las autoras declaran 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.

Las autoras como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen 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.

ROMERO MALDONADO ANA BELEN

0705528206

MATAMOROS ROMERO GERALDINE GISSELE

0750052805

## **DEDICATORIA**

Primeramente, dedico y doy gracias a Dios, a mi madre, hermanas y sobrinos, quienes han sido mi mayor motor para seguir adelante, por su apoyo incondicional e inquebrantable, por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

Al resto de quienes conforman mi familia “Romero Loayza”, por estar presentes brindándome motivación y por siempre cubrirme con sus oraciones.

A mis amistades que me ha dejado este largo caminar, pero en especial a mi amiga Ana Belén, por ser esa voz de aliento cuando he querido rendirme y no permitirme quedarme ahí, por ser mi consejera y estar cuando más lo he necesitado.

A todas aquellas personas, que de una u otra manera, han sido parte de este proceso.

*Gracias por su confianza*

*Geraldine Gissele Matamoros Romero*

A Dios, por ser mi luz y fortaleza en cada paso de este camino, gracias por darme la sabiduría, la paciencia y la salud para alcanzar esta meta que un día me propuse, sin su guía nada de esto habría sido posible.

A Jipson Guanotasig mi amado esposo, por su amor y apoyo incondicional moral y económico, gracias por alentarme cada vez que decía que no podía más, por creer en mí incluso cuando ni yo creía en misma y por sostenerme cuando más lo necesité.

A mis hijos Ana Paula, Renato y Simón quien han sido mi mayor inspiración y el motor de mi vida cada sacrificio, cada desvelo, cada esfuerzo y cada ausencia ha valido la pena por ustedes, espero que este logro les enseñe que, con perseverancia y fe, todo es posible, a mi padres Nelson y Luz por aplaudir y celebrar cada uno de mis logros, a mis demás familiares y amigos pero sobre todo a Geraldine Matamoros y Andrés Calozuma quienes me brindaron su amistad incondicional y apoyo en todo momento.

*A todos ustedes con amor y gratitud infinita*  
*Ana Belén Romero Maldonado*



## **AGRADECIMIENTO**

A todos mis docentes y tutores de tesis, por compartirnos sus conocimientos, guiarnos con dedicación y por sus llamados de atención cuando ha sido necesario. Sin duda, sin la ayuda de ustedes no podríamos culminar esta gran etapa.

En especial, a la Dra. Leonor Rivera Intriago, quien ha sido nuestra principal guía, gracias por su orientación y sus valiosos consejos durante esta investigación.

Finalmente, a todas aquellas personas e instituciones quienes nos han abierto las puertas para poder aprender y también desenvolvernos como futuras profesionales.

## RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo de investigación es evaluar la efectividad de siete cepas de *Bacillus spp.* en la reducción de niveles de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en agua de piscina camaronera y su incidencia en la calidad del agua. Se trata de analizar la dosificación correcta de un producto comercial que contiene una concentración de  $5 \times 10^9$  UFC/g, las cuales son comúnmente utilizadas como biorremediadores para controlar o reducir la carga de amonio no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) del agua. Se midieron los parámetros del ambiente acuático (pH, temperatura, salinidad), a razón de que se encuentren en condiciones favorables para la efectividad del producto.

Para ello se utilizaron 12 unidades experimentales, que se clasifican en 4 tratamientos de distintas dosificaciones y 3 réplicas por cada uno: Tratamiento de Control (TC; sin producto); Tratamiento uno que contiene la dosis recomendada que sugiere el fabricante (T1; 0,12 mg); Tratamiento dos -50% (T2; 0,60 mg) y Tratamiento tres +50% de la dosis principal (T3; 0,18 mg). Se inició con una carga de  $\text{NH}_3$  de 5 ppm, demostrando los mejores resultados en T1 y T3 (0,02 ppm y 0,01 ppm) En intervalos de 9 horas, se midieron los parámetros indicados, por 8 días del trabajo experimental.

Se observó que es necesario colocar la correcta dosificación y aplicación de la bacteria para lograr reducir la carga de  $\text{NH}_3$  y así prevenir cualquier evento en las piscinas camaroneras, a su vez obteniendo una buena calidad de agua utilizando productos comerciales que sean amigables/sostenibles para el medio ambiente en acuicultura.

**Palabras clave:** *Bacillus spp.*, amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), biorremediación, dosificación, calidad de agua.

## ABSTRACT

The main objective of this research paper is to evaluate the effectiveness of seven *Bacillus spp.* strains in the ammonia (NH<sub>3</sub>) levels reduction in shrimp pool water and its impact on water quality. It focuses on analyzing the correct dosage of a commercial product that contains a concentration of 5 x 10<sup>9</sup> UFC/g, which are used as bioremediators to control or reduce the non-ionized ammonium form (NH<sub>3</sub>) of the water. The parameters of the aquatic environment were measured (pH, temperature, salinity) to make sure they are in favorable conditions in the aim of the product's effectiveness.

For this objective, 12 experimental units were used, the same ones that are classified into 4 treatments of different dosages and 3 replicates for each one: *Control Treatment* (CT; without product); *Treatment one*, which contains the recommended dose suggested by the manufacturer (T1; 0.12 mg); *Treatment two*, -50% (T2; 0.60 mg); *Treatment three* +50% of the principal dose (T3; 0.18 mg). This started with a load of NH<sub>3</sub> of 5 ppm, showing better results in T1 and T3 (0.02 ppm & 0.01 ppm). In intervals of 9 hours; these intervals were measured for 8 days of experimental work period.

It was observed that it is necessary to place the correct dosage and bacteria application to achieve a reduction in the NH<sub>3</sub> load and prevent, with this, any risk in the shrimp pools, obtaining a good water quality using eco-friendly aquaculture commercial products.

**Key Words:** *Bacillus spp.*, ammonia (NH<sub>3</sub>), bioremediation, dosage, water quality.

## CONTENIDO

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL .....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	III
RESUMEN .....	IV
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS.....	8
Objetivo General.....	8
Objetivos Específicos:.....	8
METODOLOGÍA .....	9
RESULTADOS.....	13
DISCUSIÓN .....	15
CONCLUSIONES .....	16
RECOMENDACIONES .....	17
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	18

## INTRODUCCIÓN

En la acuicultura, el Ecuador se distingue por formar parte de los primeros países que se dedican a la producción, llegando a casi 220.000 hectáreas y su exportación acuícola representa uno de los pilares fundamentales para su economía, el mayor ingreso de divisas no petroleros y siendo también el sustento de todas las familias que ejercen esta actividad (Espinós, 2020).

La industria de la camaronicultura se estableció a finales de los 70's, y con el tiempo, ha llevado a un crecimiento exponencial que lo ha convertido en un producto principal en todas las costas del país, siendo Ecuador el segundo exportador y el primer proveedor de la Unión Europea (Piedrahita, 2019).

La rentabilidad del sector ha impulsado el desarrollo de la comercialización y de avances tecnológicos en los últimos 30 años, beneficiando aquellos países que dependen de la producción y exportación de camarón (Álvarez Azogue & Franco Cedeño, 2023).

Por ende, los productores mayoristas o minoristas se enfrentan a varios desafíos cruciales que han surgido alrededor del medio o dentro del área productiva, entre ellos se encuentra el control eficaz de la calidad del agua, que se traduce a una buena "calidad de vida" para el bienestar animal, mejor tasa de desarrollo, crecimiento, mayor calidad de producto y rentabilidad para el acuicultor (Sedano & Anguis, 2016).

La calidad de agua de piscinas camaroneras se ve determinada por variables fisicoquímicas, las cuales indicarán el estado de la misma. Según indica Harlina et al. (2022), el monitoreo de parámetros como la temperatura que tiene un efecto directo en la calidad de agua, su rango óptimo radica entre 26 a 30°C, la salinidad influye en la presión osmótica y el gasto energético de los organismos, encontrándose en un rango de salinidad varía entre 25 a 35 ppt, el pH con sus rangos óptimos entre 7.5 a 8.5.

De acuerdo con Banerjee et al. (2023) el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) siendo un compuesto nitrogenado que proviene de la descomposición de la materia orgánica y el metabolismo de los organismos.

El manejo adecuado de los niveles es indispensable para mantener un equilibrio dentro del ecosistema, deben mantenerse en el rango óptimo de 0,4 a 0,8 mg/l, en concentraciones altas pueden provocar enfermedades incluso hasta la muerte de los organismos (Naspirán-Jojoa et al., 2022).

Por otro lado, el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) es un compuesto del producto final de la nitrificación, siendo menos tóxico que los nitritos y el amoníaco y se desarrolla en dos etapas distintas, en la primera etapa las bacterias *Nitrosomonas* convierten el amonio ( $\text{NH}_4$ ) en nitrito ( $\text{NO}_2$ ) posteriormente en la segunda etapa, las bacterias *Nitrobacter* que transforman el nitrito ( $\text{NO}_2$ ) en nitrato ( $\text{NO}_3$ ) (Borremans et al., 2023).

Se considera que como impacto negativo en los estanques de acuicultura es la desnitrificación que es un proceso que se desarrolla en un medio anóxico, donde los nitratos ( $\text{NO}_3$ ) se convierten en nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y a su vez cambian a nitrógeno libre o atmosférico (Herrera et al., 2024).

El amonio ( $\text{NH}_4$ ) es la forma ionizada, no tóxica del nitrógeno manteniéndolo a niveles óptimos de tolerancia para la especie en cultivo, por el contrario el amoníaco (no ionizado) resulta el más nocivo y preocupante entre todos los parámetros, porque al tener niveles alterados se vuelve tóxico, causando alteraciones con el pH, que al superar el 9,5 la forma del amoníaco pasa de ( $\text{NH}_4$  a  $\text{NH}_3$ ), esto es provocado por el exceso de efluentes, los cuales son responsables de la producción de una afloración del amoníaco desarrollado en el fondo del estanque y distribuyéndose con el resto del agua, resultando baja de oxígeno, enfermedades, baja tasa de supervivencia del cultivo y pérdidas económicas para el acuicultor (Nagaraju et al., 2023).

Por ello en los sistemas de acuicultura, es fundamental asegurar que la concentración de amoníaco no supere los 0,5 mg/l para garantizar un entorno favorable para los organismos acuáticos (Gogoi et al., 2021).

Es importante monitorear periódicamente los niveles de amonio, amoniaco, nitrito, nitrato, para prevenir concentraciones tóxicas de esta manera mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo de los organismos (Hernández et al., 2022). Esto nos lleva a considerar la aplicación del procedimiento de biorremediación que emplean microorganismos especializados en reducción y eliminación de compuestos contaminantes, de manera eficaz y sostenible para el medio ambiente.

El enfoque de aplicar a los microorganismos resulta tener una buena calidad del agua, además fortalece el sistema inmunológico de los camarones, ayudándoles a resistir mejor las enfermedades y promoviendo un crecimiento y la supervivencia del cultivo de camarón Tamilselvan & Raja (2024), así mismo lo corrobora Soltani et al. (2019) que la aplicación de especies de *Bacillus spp.* para la biorremediación del agua regulan la microbiota de los sistemas acuáticos, contribuyendo en la calidad óptima del agua y reduciendo el estrés en los organismos acuáticos. Se conoce que el ciclo de nutrientes y la absorción de contaminantes se basan en la actividad realizada por los microorganismos (Wei et al., 2022).

Es por ello que el estudio de Mamidala et al. (2021) indica que los microorganismos desempeñan un papel fundamental en los estanques de cultivo, ya que contribuyen al equilibrio del medio ambiente y favorecen al óptimo desarrollo en los camarones. Además Shivalkar et al. (2021) asegura que su presencia contribuye en la calidad del agua, porque participa en el proceso de la mineralización. Gracias a su actividad, mejora la efectividad del cultivo, reduce el uso de productos químicos y aporta en la sostenibilidad.

La implementación de multicepas microbianas se atribuye a la producción de enzimas adicionales por parte de los microorganismos y facilita una digestión más eficiente de los nutrientes, fortaleciendo el sistema inmunitario, reduciendo el riesgo de enfermedades en las poblaciones acuáticas y aumentar la supervivencia de los organismos. Diferentes estudios han demostrado la eficiencia de diferentes multicepas de *Bacillus spp.*, los cuales destacan que *Bacillus subtilis*, *licheniformis*,

*coagulans*, *cereus* son adecuados para realizar la biorremediación de los efluentes orgánicos (Prasenjit et al., 2017).

Las bacterias de *Bacillus spp.* son una alternativa y juegan un papel fundamental en el ciclo de nitrógeno y conforme avanza el tiempo, las comunidades bacterianas en los estanques experimentan cambios significativos y a su vez impactan en los procesos de nitrificación y desnitrificación (Ipsita et al., 2020). El mecanismo de acción de *Bacillus spp.* incluye la disminución de patógenos, mediante la producción de compuestos antimicrobianos y la competencia por recursos.

Por otro lado, Gnana et al., (2016) realizaron un estudio utilizando un producto comercial, que contiene 6 cepas diferentes de bacterias de *Bacillus spp.*, donde el objetivo fue mejorar las condiciones del agua, el producto se aplicó a una dosis de 400 g/m<sup>2</sup>, lo que sugiere un gran potencial para la remediación del agua, promoviendo el control del problema anticipado de forma biosostenible para el medio acuícola, evitando así el uso de antibióticos.

Estos estudios han demostrado que al utilizar multicepas de *Bacillus spp.*, son una estrategia eficaz de la biorremediación debido a la capacidad para controlar y acelerar la degradación de los efluentes de manera sostenible. Por lo tanto, la finalidad de esta investigación es evaluar las multicepas para controlar el amoníaco (NH<sub>3</sub>) en aguas acuícolas salinas, especialmente dentro del campo de la camaronicultura.

Al incorporar *Bacillus spp.*, en la biorremediación no solamente contribuye en el bienestar ambiental, sino también favorece a un mejor desarrollo de las especies acuáticas, ya que optimiza las condiciones del agua y fija un control en los parámetros físicos, químicos y biológicos (López et al., 2020).

Las bacterias de *Bacillus spp.*, se conocen particularmente por ser eficaces en la biorremediación por su capacidad para formar esporas, lo que les permite sobrevivir aún en condiciones no óptimas para su desarrollo Garcés (2022). Las múltiples cepas dentro de estos consorcios aumentan su capacidad para degradar contaminantes de manera efectiva, tienen la capacidad de funcionar tanto en



ambientes aeróbicos como anaeróbicos, lo que los convierte en una alternativa más sostenible y económicamente (Anangonó & Lloacana 2022).

Es por ello que es necesaria la elección adecuada de cepas, como; *Bacillus subtilis* y *Bacillus amyloliquefaciens*, que se destacan por su efectividad en el proceso de biorremediación, asegurando la degradación de los residuos orgánicos (Colette et al., 2023).

Según Rodríguez et al. (2021) aseguró la eficiencia de los microorganismos, teniendo un correcto protocolo al momento de aplicarlas en el cultivo. Por lo tanto, el mecanismo de acción de estas bacterias, es necesario tener una fuente de carbono y nitrógeno, es decir una relación de C:N para el óptimo desarrollo y mayor cultivo de multicepas de *Bacillus spp.*

Dado el creciente interés en el uso de multicepas, para el control del amoniaco (NH<sub>3</sub>) en agua de piscinas camaroneras, el presente trabajo aportó conocimiento sobre la eficiencia de multicepas de *Bacillus spp.*, de un producto comercial e incluye datos que no son mencionados por el fabricante, lo que permitió un enfoque más detallado al comportamiento y desarrollo de las bacterias. Se estimó primero con la dosis recomendada guiada por el fabricante y entre un  $\pm 50\%$  de la dosis principal. A su vez se agregó fuente de carbono orgánico como la melaza, que constituye para el desarrollo de las bacterias y para el control del pH del agua, dejando fermentar los microorganismos por 24 horas, indicado por varios estudios realizados.

Se han estudiado siete diferentes tipos de multicepas del producto de estudio, encapsuladas en una sola pastilla o tableta, entre las cuales se encuentran las siguientes bacterias:

*Bacillus subtilis*; es capaz de producir y exhibir efecto en compuestos antimicrobianos, conocida por facilitar la descomposición de residuos orgánicos mejorando la cantidad, claridad y calidad de agua.

*Bacillus Licheniformis*; se encuentra relacionada con el desarrollo del sistema inmune de los crustáceos. La mezcla de bacterias *Bacillus licheniformis* y *Bacillus*.

*subtilis*, las cuales son suministradas como probióticos inmunoestimuladores de los organismos, la aplicación de múltiples cepas suministradas mejora la protección contra patógenos, produciendo enzimas que ayudan a su vez con la descomposición del alimento, optimizando su utilización (Lourdes et al., 2020).

*Bacillus megaterium*; ofrece varios beneficios potenciales, mejora la calidad del agua, produce enzimas que ayudan a descomponer la materia orgánica, fijan nitrógeno atmosférico, inhiben el crecimiento de patógenos, estimula el sistema inmune de organismos acuáticos como peces y camarones mejora la digestión y absorción de nutrientes, ayuda a estabilizar los parámetros fisicoquímicos del agua como pH (Mátyás et al., 2020).

*Bacillus pumillus*; se caracteriza por su capacidad para vivir en diversos ambientes, incluyendo el suelo, agua marina, sedimentos profundos y plantas (Dobrzyński et al., 2022). Aporta beneficios importantes, produce una amplia gama de fitohormonas como giberelinas, auxinas y citoquininas que estimulan directamente el crecimiento vegetal, tiene capacidad para solubilizar fosfatos, fijar nitrógeno atmosférico, mejorando la disponibilidad de nutrientes para las plantas, produce enzimas como proteasas, amilasas y lipasas que ayudan a descomponer materia orgánica y liberar nutrientes, estimula el sistema inmune de los organismos en cautiverio, aumentando su resistencia a enfermedades (Aldana Calderón et al., 2023).

*Bacillus Polymyxa*; capaz de resistir condiciones ambientales adversas, esta cepa bacteriana desempeña un papel fundamental en el control de enfermedades fitopatógenas en numerosos cultivos y animales acuáticos, mejoran la salud de los cultivos y los ecosistemas acuáticos mediante mecanismos naturales de biocontrol y biorremediación (Amoah et al., 2020).

*Bacillus coagulans*; empleada como aditivo alimentario, promueve la regulación del microbiota intestinal, mejora la función del sistema inmunológico, estimula el crecimiento de los organismos acuícolas, la aplicación representa una estrategia prometedora para mejorar la salud, la productividad de los animales, fortalecimiento

del sistema inmunitario, favoreciendo la sostenibilidad y la eficiencia de la producción acuícola (Amira et al., 2024).

*Bacillus clausii*; esta bacteria muestra características probióticas debido a su capacidad de formar esporas, comúnmente hallada en el suelo. Se la conoce como un bioindicador valioso para evaluar el efecto de los fármacos sobre el microbiota del suelo y para inferir el daño potencial a este ecosistema debido a la contaminación por medicamentos descartados de manera inapropiada (Suvarna et al., 2017).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar la efectividad de siete cepas de *Bacillus spp.* en la reducción de niveles de amoníaco (NH<sub>3</sub>) en agua de piscina camaronesa, y su incidencia en la calidad de agua.

### **Objetivos Específicos:**

1. Estimar la dosis adecuada de aplicación de una multicepas de *Bacillus spp.* para controlar amoníaco en el agua de piscina camaronesa.
2. Establecer las condiciones adecuadas de la aplicación de las multicepas en agua para control de amoníaco.

## METODOLOGÍA

El ensayo experimental se realizó en el Laboratorio de Maricultura, dentro de las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) de la “Universidad Técnica de Machala” en El Oro – Machala - Ecuador.

**Ilustración 1** Ubicación del trabajo experimental, UTMACH - FCA



**Fuente: Google Earth (2024)**

El presente trabajo experimental trata de conocer la eficiencia de la dosis correcta de un producto comercial fabricado con siete cepas probióticas diferentes de *Bacillus spp.* La ficha técnica del producto comercial indica que las pastillas tienen una concentración de  $5 \times 10^9$  UFC/g y se suministran 300 g/ha.

Entre los materiales y equipos se utilizaron 48L de agua de mar, doce recipientes plásticos de 4L, una balanza analítica (EJ-320A) con una precisión de  $\pm 0,01$  g, para medir cloruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) con pureza  $\geq 99,5\%$ , un espectrofotómetro multifuncional (JQ-006), para medir pH del agua, temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y salinidad (ppt), un colorimétrico Checker HC (HI715), dos reactivos del equipo de colorimetría (HI715-25), para cuantificar amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y 1L de melaza como fuente de carbono (C), la cual se ocupó 48ml, suministrando 1ml por cada unidad experimental y Zeolita, para el desarrollo de las bacterias.

Se empezó midiendo el pH del agua 7.4, temperatura 27.3°C, salinidad 30 ppt con el espectrofotómetro, el amoníaco inicial del agua se midió con el colorimétrico Checker 1.77 ppm., se utilizó la tabla de Emerson, (1975) como guía.

**Tabla 1 Descripción de la dosificación de NH<sub>4</sub>Cl**

<b>Ensayo</b>	<b>Dosis de NH<sub>4</sub>Cl</b>	<b>de pH</b>	<b>Salinidad (ppt)</b>	<b>T°C</b>
<b>1</b>	2,2 g/48 L	7.4	30	27.3

Se realizó un diseño completamente al azar (DCA), es decir homogéneo, que no presentan factores de variación adicionales que puedan influir en los resultados, aparte de los tratamientos aplicados. El modelo consta de 3 tratamiento y 1 de control, con 3 réplicas por cada tratamiento, obteniendo 12 unidades experimentales.

**Modelo Matemático (Diseño Completamente al Azar)**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}$$

Donde:

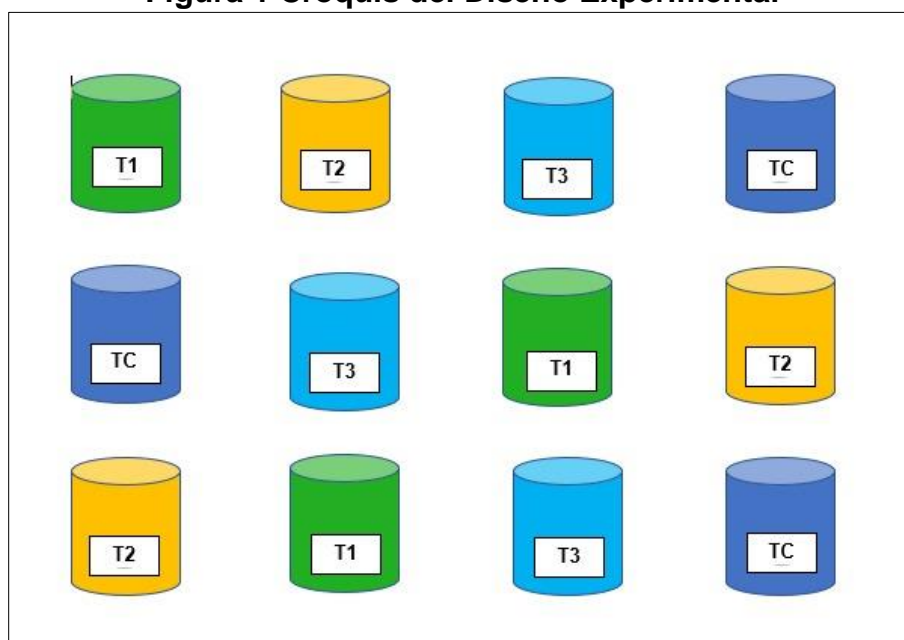
$Y_{ij}$ = Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental

$\mu$ =Efecto de la media general

$\tau_i$  =Efecto del i-esimo tratamiento

$e_{ij}$ = Efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental

**Figura 1 Croquis del Diseño Experimental**



**Fuente: Elaborado por los autores**

Los tratamientos utilizados en el trabajo experimental fueron los siguientes: el tratamiento de control (TC); no se añadió ninguna dosis del producto, tratamiento uno (T1) dosis recomendada: 0,12mg/4 L; el tratamiento dos (T2) < 50% de la dosis: 0,06 mg/4 L y el tratamiento tres (T3) + 50% de la dosis: 0,18mg/4 L. Distribuidas en 12 unidades experimentales, en recipientes de 4 litros que se clasificaron en cuatro tratamientos y tres réplicas.

Se utilizaron 3 dosificaciones distintas, en las cuales se tomó como referencia la DR por el fabricante, siendo 300g/ha  $\pm$  (50%), para facilitar la dosificación en cada tratamiento se realizó una conversión de gramos a miligramos, utilizando una regla de tres.

**Distribución de dosificación:**

- Dosis recomendada:  $0.03 \text{ mg} * 4 \text{ l} = 0.12 \text{ mg/L}$
- Dosis recomendada: -50%:  $0.015 \text{ mg} * 4 \text{ l} = 0.06 \text{ mg/L}$
- Dosis recomendada: +50%:  $0.045 \text{ mg} * 4 \text{ l} = 0.18 \text{ mg/L}$

**Tabla 2 Dosificación de producto comercial**

<b>Tratamiento</b>	<b>Producto</b>	<b>Dosis (mg)</b>	<b>Volumen (L)</b>
<b>TC</b>	-	-	4
<b>T1</b>	Producto comercial	0,12	4
<b>T2</b>	Producto comercial	0,06	4
<b>T3</b>	Producto comercial	0,18	4

La toma de parámetros como pH, salinidad, temperatura, amoníaco se realizó desde el día 0, el cual fue el montaje del trabajo experimental, seguido del día 1 al día 7 en intervalos de cada 9 horas, desde las 07:00 am y 16:00 pm. Este desarrollo permitió un monitoreo continuo y detallado a lo largo del periodo del experimento.

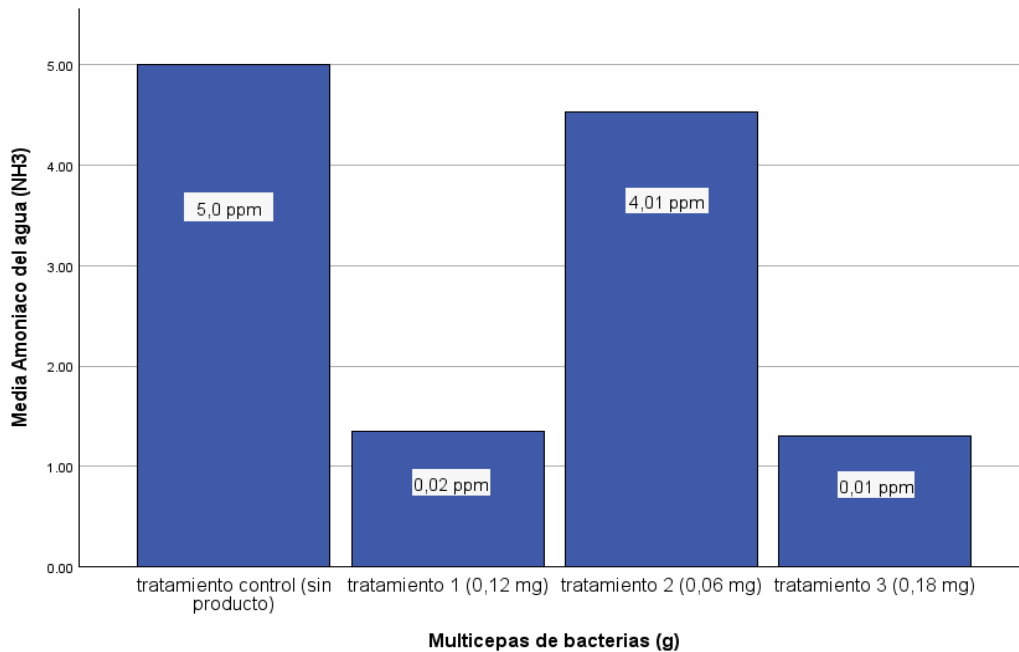


## RESULTADOS

De acuerdo al trabajo realizado y a los objetivos planteados se obtuvieron los siguientes resultados:

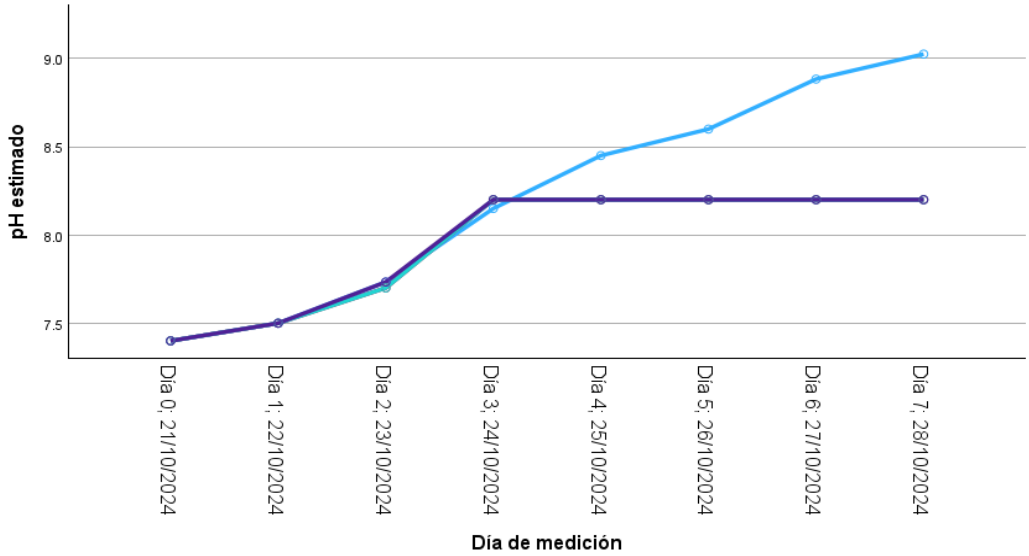
En la Figura 2, se puede observar que en los tratamientos si hubo diferencia estadística significativa, ya que en el experimento se inició con una concentración de 5,0 ppm de amoníaco y con las dosis de 0,12 mg (T1) y de 0,18 (T3) se evidenció la reducción de este parámetro a 0,02 ppm y 0,01 ppm respectivamente. En T2 cuya dosis fue de 0,06 mg, se pudo observar que prácticamente no hubo reducción de amoníaco.

**Figura 2 Amoníaco del agua (NH<sub>3</sub>), Multicepas de bacterias (g)**



De acuerdo a la Figura 3, nos indica la variación de los parámetros: pH, temperatura. En el experimento estas medidas se mantuvieron estables con valores promedios de temperatura del agua 28°C, salinidad 32 ppt. Sin embargo, el pH presentó variación, se inició con un valor de 7,4. Desde el día 1 de la aplicación del producto comercial al día 3 se observó la regulación de pH en T1 y T3 llegando a un rango estable y óptimo para el agua de 8,2, mientras que desde el día 3 el pH del agua de TC y T2 se disparó significativamente hasta el día 7 llegando a 9,0 resultando una

agua alcalina que favorece al desarrollo del amoniaco en el agua, queriendo decir esto que la dosis suministrada del T2 no fue la indicada para controlar este evento.



**Figura 3 pH del agua estimado con los días de medición**

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del estudio de (John et al., 2020), confirman la hipótesis inicial del uso de consorcios microbianos de bacterias de *Bacillus spp.* para la reducción de amoníaco en aguas residuales de acuicultura. Esto indica una afirmación del trabajo experimental presente, donde se observó que las multicepas de *Bacillus* dan una respuesta eficaz y acertada para tener una buena calidad de agua de piscinas camaroneras.

El trabajo de Pardo et al. (2021) evaluó principalmente el pH a razón que permita optimizar la eficiencia de un sistema que utilizan la bacteria de *Bacillus pumilus*, para la remoción de nitratos de aguas residuales de mar, en el cual indicó que su resultado más eficiente fue el tratamiento 2 con un pH de 8,0 donde hubo una remoción del 60,20 – 74,23%, demostrando que el control de pH tiene un efecto significativo en la remoción del amoníaco. Por lo tanto, en el presente trabajo experimental se confirmó que es necesario tener un control de pH al trabajar con bacterias de *Bacillus spp.*, ya que en T1 y T3 el pH se mantuvo en un rango de 8,2 los cuales ambos tratamientos resultaron eficaces en la baja de amoníaco. Afirmando que manteniendo un control de pH del agua cuando se esté trabajando con bacterias de *Bacillus spp.* genera máxima eficiencia para la eliminación de amoníaco encontrado en el agua.

Así también lo corrobora Jiménez-Delgadillo et al. (2018), en el cual podemos determinar un rango óptimo del pH en el cual las bacterias del género *Bacillus spp.* maximizan su eficiencia en la reducción de niveles letales de amoníaco, los resultados obtenidos, mediante esta investigación pueden ser analizados de diferentes puntos de vista, existiendo en si una relación entre los niveles de pH y la actividad microbiana siendo los rangos recomendados entre 7.0 y 8.5 los que proporcionan las condiciones más adecuadas para el desarrollo de la actividad metabólica por parte de las bacterias de *Bacillus spp.*

## CONCLUSIONES

- La eficacia del producto comercial de multicepas de *Bacillus spp.* para el control del amoniaco, se determinó qué al aplicar la correcta dosificación, permite la reducción significativa de  $\text{NH}_3$ . Específicamente, las dosis de 0,12 mg (T1) y 0,18 mg (T3) lograron controlar y disminuir el amoniaco inicial de 5,0 ppm hasta 0,02 – 0,01 ppm, mientras que en la dosis de 0,06 mg (T2) no mostró efecto relevante para la reducción del amoniaco.
- Las condiciones de aplicación de multicepas para el control de amoniaco en aguas de piscinas camaroneras es importante ya que, varios estudios realizados indican que los parámetros deben encontrarse en un rango óptimo para un resultado eficiente, como la temperatura de 26 a 30°C, la salinidad 25 a 35 ppt y el pH entre 7.5 a 8.5. Sin embargo, dentro del experimento se identificó una variación en el pH. Es decir que, a mayor nivel de pH, mayor inestabilidad y menor calidad de agua, como se vio reflejado en TC y T2, mientras que en T1 y T3 reguló el pH llevándolo a un rango óptimo de 8,2 mejorando significativamente la calidad del agua.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere la necesidad de suministrar la dosis indicada del producto comercial para garantizar su eficacia.
- El monitoreo constante de los parámetros fisicoquímicos del agua es fundamental para preservar su calidad y optimizar la actividad de las cepas múltiples de *Bacillus spp.*
- Un control adecuado de estos factores favorece su proliferación y eficiencia en la biodegradación del amoníaco, contribuyendo a la estabilidad del sistema de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aldana Calderón, Y., Cruz, A., & Naderkhani, G. (2023). Effects of *Bacillus spp.* as Biofloculant Bacteria in Shrimp. In *Culture Journal of Animal Prod* (Vol. 35, Issue 3).
- Álvarez Azogue, A. A., & Franco Cedeño, E. M. (2023). Índice de financiamiento de las exportaciones del camarón ecuatoriano en tiempo de crisis. *Revista Latinoamericana de Difusión Científica*, 5(9), 276–299. <https://doi.org/10.38186/difcie.59.16>
- Amira, O., Mohamed, G., Hamada, K., Foad, F., & Mustafa, S. (2024). Probiotic Efficacy in Aquaculture: The Role of Technospore® (*Bacillus coagulans*) in Improving Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Performance and Disease Resistance: a Study on Gut Health, Immunological Response, and Gene Expression. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*. <https://doi.org/10.1007/s12602-024-10279-3>
- Amoah, K., Huang, Q. cheng, Dong, X. hui, Tan, B. ping, Zhang, S., Chi, S. yan, Yang, Q. hui, Liu, H. yu, & Yang, Y. zhi. (2020). *Paenibacillus polymyxa* improves the growth, immune and antioxidant activity, intestinal health, and disease resistance in *Litopenaeus vannamei* challenged with *Vibrio parahaemolyticus*. *Aquaculture*, 518, 734563. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734563>
- Anangonó, A., & Lloacana, E. (2022). *EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UN BIOFILTRO A BASE DE UN CONSORCIO BACTERIANO PARA DEGRADAR FOSFATOS Y AMONIACO EN AGUAS RESIDUALES DE LA ACUICULTURA*. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/12978/2/03%20BIO%20042%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Banerjee, P., Garai, P., Saha, N. C., Saha, S., Sharma, P., & Maiti, A. K. (2023). A critical review on the effect of nitrate pollution in aquatic invertebrates and fish. In *Water, Air, and Soil Pollution* (Vol. 234, Issue 6). Institute for Ionics. <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06260-5>
- Borremans, B., Falvo, C. A., Crowley, D. E., Hoegh, A., Lloyd-Smith, J. O., Peel, A. J., Restif, O., Ruiz-Aravena, M., & Plowright, R. K. (2023). *Reconstructing prevalence dynamics of wildlife pathogens from pooled and individual samples*. <https://doi.org/10.1101/2023.11.02.565200>
- Colette, M., Guentas, L., Patrona, L. Della, Ansquer, D., & Callac, N. (2023). Dynamic of active microbial diversity in rhizosphere sediments of halophytes used for bioremediation of earthen shrimp ponds. *Environmental Microbiome*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s40793-023-00512-x>
- Dobrzyński, J., Jakubowska, Z., & Dybek, B. (2022). Potential of *Bacillus pumilus* to directly promote plant growth. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1069053>

- Espinós, F. J. (2020). *LA ACUICULTURA COMO ACTIVO ECONÓMICO Y SOCIAL*.
- Garcés, S. (2022). Acumulación de sólidos, un aspecto crítico en los sistemas acuícolas intensivos: alternativas para una gestión sostenible. *Orinoquia*, 26(1), 53–64. <https://doi.org/10.22579/20112629.731>
- Gnana, E., George, J., & Balaraman, D. (2016). *Augmenting efficacy of the commercial probiotic consortium, Ecotrax® on soil, water quality, survival, growth and feed transformation on the semi-intensive pond culture system of*. [www.pelagiaresearchlibrary.com](http://www.pelagiaresearchlibrary.com)
- Gogoi, M., Bhattacharya, P., Kumar Sen, S., Mukherjee, I., Bhushan, S., & Chaudhuri, S. R. (2021). Aquaculture effluent treatment with ammonia remover *Bacillus albus* (ASSF01). *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105697. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2021.105697>
- Harlina, H., Ilmiah, I., Hamdillah, A., Jarir, D. V., & Salam, A. D. (2022). The water quality monitoring of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds in East Tanete Riattang District, Bone Regency, Indonesia. *Depik*, 11(1), 42–48. <https://doi.org/10.13170/depik.11.1.21663>
- Hernandez, P., Morales, M., Ravelero, M., Peraza, V., Ascencio, F., & Jiménez, E. (2022). Incremento de la supervivencia de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) infectado con el virus de la mancha blanca y alimentado con una dieta suplementada con aceite de coco (*Cocos nucifera*). *Abanico Veterinario*, 12. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.2>
- Herrera, J. D., Sancho, C. S., Herrera, V. F., & Ochoa, M. M. (2024). *Es importante monitorear periódicamente los niveles de amonio, nitrito y nitrato para prevenir concentraciones tóxicas de esta manera mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo de los organismos*. <https://orcid.org/0000-0002-0407-730X>
- Ipsita, P., Panigrahi, A., & Subhendu, D. (2020). Influence of nitrogen cycle bacteria on nitrogen mineralisation, water quality and productivity of freshwater fish pond: A review. *Asian Fisheries Science*, 33(2), 145–160. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2020.33.2.006>
- Jiménez-Delgadillo, R., Valdés-Rodríguez, S. E., Olalde-Portugal, V., Abraham-Juárez, R., & García-Hernández, J. L. (2018). Efecto del pH y temperatura sobre el crecimiento y actividad antagónica de *Bacillus subtilis* sobre *Rhizoctonia solani*. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(2). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1711-3>
- John, E. M., Krishnapriya, K., & Sankar, T. V. (2020). Treatment of ammonia and nitrite in aquaculture wastewater by an assembled bacterial consortium. *Aquaculture*, 526, 735390. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2020.735390>
- López, C., Pedraza, L., & Uribe-Vélez, D. (2020). Mechanisms of action of bacillus spp. (bacillaceae) against phytopathogenic microorganisms during their interaction with plants. In *Acta Biologica colombiana* (Vol. 25, Issue 1, pp.

112–125). Universidad Nacional de Colombia.  
<https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.75045>

Lourdes, M., Alvarez, Y., Soriano, J., & Pérez, M. (2020). The probiotics and their metabolites in aquaculture. A review. *Hidrobiologica*, 30(1), 93–105.  
<https://doi.org/10.24275/UAM/IZT/DCBS/HIDRO/2020V30N1/PEREZ>

Mamidala, S. P., Ch, B., B, Y., B, R., R, M., Ch, B. P., Kummari, S., & B, R. (2021). A review on resilience of microbes in aquatic environment. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(2), 1403–1410.  
<https://doi.org/10.22271/j.ento.2021.v9.i2q.8659>

Mátyás, B., Lowy, D. A., Singla, A., Melendez, J. R., & Sándor, Z. (2020). Comparison of effects exerted by bio-fertilizers, npk fertilizers, and cultivation methods on soil respiration in chernozem soil. *Granja*, 32(2), 8–18.  
<https://doi.org/10.17163/lgr.n32.2020.01>

Nagaraju, T. V., Sunil, B. M., Chaudhary, B., Prasad, C. D., & R, G. (2023). Prediction of ammonia contaminants in the aquaculture ponds using soft computing coupled with wavelet analysis. *Environmental Pollution*, 331, 121924. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2023.121924>

Naspirán-Jojoa, D. C., Fajardo-Rosero, A. G., Ueno-Fukura, M., & Collazos-Lasso, L. F. (2022). Perspectivas de una producción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA): Una revisión. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 69(1).  
<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101539>

Pardo, D. F., Fernanda, D., Ruiz, P., El, U., Facultad, B., Ciencias, D. E., & De Biología Bogotá, P. (2021). *Optim. de las condiciones de pH y t de un sistema co-inmovilizado para el trat. de aguas residuales OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE pH Y TEMPERATURA DE UN SISTEMA COINMOVILIZADO BACILLUS PUMILUS-CHLORELLA SOROKINIANA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.*

Piedrahita, Y. (2019). la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1. *Global Aquaculture Advocate*. <https://www.globalseafood.org/advocate/la-industria-de-cultivo-de-camaron-en-ecuador-parte-1/>

Prasenjit, B., Sangeeta, R., Kumar, S., Shaikh, U., Bandyopadhyay, P., & Mohapatra, P. (2017). Effect of a three-component bacterial consortium in white shrimp farming for growth, survival and water quality management. In *Acta Biol Szeged* (Vol. 61, Issue 1). <http://www2.sci.u-szeged.hu/ABSARTICLE>

Rodríguez, G., Gómez, A., Anaya, J., Velásquez, C., & Miniet, A. (2021). Elaboración de medios de cultivo alternativos y viables para el crecimiento microbiano del *Bacillus Subtilis*. *La U Investiga*, 8(1), 86–94.  
<https://doi.org/10.53358/lauinvestiga.v8i1.472>

Sedano, F., & Anguis, V. (2016). *Calidad del agua en sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) marina.*



- Shivalkar, S., Singh, V., Sahoo, A. K., Samanta, S. K., & Gautam, P. K. (2021). Bioremediation: a potential ecological tool for waste management. *Bioremediation for Environmental Sustainability: Approaches to Tackle Pollution for Cleaner and Greener Society*, 1–21. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820318-7.00001-0>
- Soltani, M., Ghosh, K., Hosseinifar, S., Kumar, V., Lymbery, A., Roy, S., & Ringo, E. (2019). Genus *Bacillus*, promising probiotics in aquaculture: Aquatic animal origin, bioactive components, bioremediation in fish and shellfish. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 27, 331–379. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1597010>
- Suvarna, L., Jayanthi, N., Saravanan, M., & Ratna, M. (2017). Safety assesment of *Bacillus clausii* UBBC07, a spore forming probiotic. *Toxicology Reports*, 4, 62–71. <https://doi.org/10.1016/J.TOXREP.2016.12.004>
- Tamilselvan, M., & Raja, S. (2024). Exploring the role and mechanism of potential probiotics in mitigating the shrimp pathogens. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 31(3), 103938. <https://doi.org/10.1016/J.SJBS.2024.103938>
- Wei, Y., Shen, D., Lukwambe, B., Wang, Y., Yang, W., Zhu, J., Nicholaus, R., & Zheng, Z. (2022). The exogenous compound bacteria alter microbial community and nutrients removal performance in the biofilm unit of the integrated aquaculture wastewater bioremediation systems. *Aquaculture Reports*, 27, 101414. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2022.101414>

## ANEXOS

**Ilustración 2 Porcentaje de amonio no ionizado en solución acuosa por valor de pH y temperatura calculado a partir de datos de Emerson, et. al. (1975).**

pH	Temperature (°C)														
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0.11	0.13	0.16	0.18	0.22	0.25	0.29	0.34	0.39	0.46	0.52	0.60	0.69	0.80	0.91
7.2	0.18	0.21	0.25	0.29	0.34	0.40	0.46	0.54	0.62	0.82	0.83	0.96	1.10	1.26	1.44
7.4	0.29	0.34	0.40	0.46	0.54	0.63	0.73	0.85	0.98	1.14	1.31	1.50	1.73	1.98	2.26
7.6	0.45	0.53	0.63	0.73	0.86	1.00	1.16	1.34	1.55	1.79	2.06	2.36	2.71	3.10	3.53
7.8	0.72	0.84	0.99	1.16	1.35	1.57	1.82	2.11	2.44	2.81	3.22	3.70	4.23	4.82	5.48
8.0	1.13	1.33	1.56	1.82	2.12	2.47	2.86	3.30	3.81	4.38	5.02	5.74	6.54	7.43	8.42
8.2	1.79	2.10	2.45	2.86	3.32	3.85	4.45	5.14	5.90	6.76	7.72	8.80	9.98	11.29	12.72
8.4	2.80	3.28	3.83	4.45	5.17	5.97	6.88	7.90	9.04	10.31	11.71	13.26	14.95	16.78	18.77
8.6	4.37	5.10	5.93	6.88	7.95	9.14	10.48	11.97	13.61	15.41	17.37	19.50	21.78	24.22	26.80
8.8	6.75	7.85	9.09	10.48	12.04	13.76	15.66	17.73	19.98	22.41	25.00	27.74	30.62	33.62	36.72
9.0	10.30	11.90	13.68	15.65	17.82	20.18	22.73	25.46	28.36	31.40	34.56	37.83	41.16	44.53	47.91
9.2	15.39	17.63	20.08	22.73	25.58	28.61	31.80	35.12	38.55	42.04	45.57	49.09	52.58	55.99	59.31
9.4	22.38	25.33	28.47	31.80	35.26	38.84	42.49	46.18	49.85	53.48	57.02	60.45	63.73	66.85	69.79
9.6	31.36	34.96	38.38	42.49	46.33	50.16	53.94	57.62	61.17	64.56	67.77	70.78	73.58	76.17	78.55
9.8	42.00	46.00	50.00	53.94	57.78	61.47	64.99	68.31	71.40	74.28	76.92	79.33	81.53	83.51	85.30
10.0	53.44	57.45	61.31	64.98	68.44	71.66	74.63	77.35	79.83	82.07	84.08	85.88	87.49	88.92	90.19
10.2	64.53	68.15	71.52	74.63	77.46	80.03	82.34	84.41	86.25	87.88	89.33	90.60	91.73	92.71	93.58

\* Emerson, K., R. C. Russo, R.E. Lund, and R.V. Thurston. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32:2379-2383.

**Ilustración 3 Anova en factor del Amoniac del agua (NH3)**

HSD Tukey<sup>a</sup>

Multiceps de bacterias (g)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		a	b
tratamiento 3 (0,18 mg)	45	1.3016	
tratamiento 1 (0,12 mg)	45	1.3478	
tratamiento 2 (0,06 mg)	45		4.5322
tratamiento control (sin producto)	45		5.0000
Sig.		.996	.130

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 45.000.

### ANOVA

Amoniaco del agua (NH<sub>3</sub>)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	537.931	3	179.310	174.427	<.001
Dentro de grupos	180.927	176	1.028		
Total	718.858	179			

**Ilustración 4 Anova (Amoniaco NH<sub>3</sub>, pH, T °C, Salinidad)**

### ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Amoniaco del agua (NH <sub>3</sub> )	Entre grupos	537.931	3	179.310	174.427	<.001
	Dentro de grupos	180.927	176	1.028		
	Total	718.858	179			
pH del agua	Entre grupos	2.724	3	.908	5.849	<.001
	Dentro de grupos	27.323	176	.155		
	Total	30.047	179			
Temperatura del agua (°C)	Entre grupos	.019	3	.006	.126	.945
	Dentro de grupos	8.768	176	.050		
	Total	8.787	179			
Salinidad del agua (ppt)	Entre grupos	.000	3	.000		
	Dentro de grupos	.000	176	.000		
	Total	.000	179			

**Ilustración 5 Materiales y Equipos utilizados en el trabajo experimental**





***Ilustración 6 Montaje del trabajo experimental***



**Ilustración 7 Medición inicial de parámetros (pH y temperatura) con espectrofotómetro multifuncional (JQ-006)**



**Ilustración 8 Resultado de variación de Amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) medido con Checker HC (HI715)**

