



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Efecto de la resuspensión de sedimentos en la calidad de agua en estanques  
de cultivo de *Litopenaeus vannamei*.**

**ARIAS REYES FRANCO ARTURO  
INGENIERO ACUICOLA**

**ZAMBRANO MALDONADO ANA PAULA  
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA  
2022**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Efecto de la resuspensión de sedimentos en la calidad de agua en estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei*.**

**ARIAS REYES FRANCO ARTURO  
INGENIERO ACUICOLA**

**ZAMBRANO MALDONADO ANA PAULA  
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA  
2022**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**Efecto de la resuspensión de sedimentos en la calidad de agua en estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei*.**

**ARIAS REYES FRANCO ARTURO  
INGENIERO ACUICOLA**

**ZAMBRANO MALDONADO ANA PAULA  
INGENIERA ACUICOLA**

**SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN**

**MACHALA  
2022**

# draft - AriasMaldonado

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="http://cenaim.espol.edu.ec">cenaim.espol.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://rmportal.net">rmportal.net</a> Fuente de Internet	<1%
3	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://repositorio.unicauca.edu.co:8080">repositorio.unicauca.edu.co:8080</a> Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="http://academica-e.unavarra.es">academica-e.unavarra.es</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://cienciasmarinas.com.mx">cienciasmarinas.com.mx</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://doczz.es">doczz.es</a> Fuente de Internet	<1%

---

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

Los que suscriben, ARIAS REYES FRANCO ARTURO y ZAMBRANO MALDONADO ANA PAULA, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de la resuspensión de sedimentos en la calidad de agua en estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei*., 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.

Los autores 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.

Los autores 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.



ARIAS REYES FRANCO ARTURO

0704302520



ZAMBRANO MALDONADO ANA PAULA

0706418886

## AGRADECIMIENTOS

Es un gran honor y privilegio presentarles mi tesis en este día tan especial. En primer lugar, quisiera agradecer a Dios por permitirme llegar hasta este momento y darme la fortaleza y sabiduría para completar esta tarea. También quiero agradecer a mis padres por su incondicional apoyo y amor durante todo este tiempo. Gracias por creer en mí y por haberme brindado todas las herramientas necesarias para alcanzar mis metas. A mi mejor amigo Theo, Alberto y Luis David gracias por ser mis compañeros durante todo este proceso, por escucharme, motivarme y apoyarme en los momentos más difíciles.

Y a mi compañero de tesis Franco Arturo, no tengo palabras para expresar mi gratitud por siempre estar a mi lado, por ser mi guía y mi apoyo constante. Tú has sido la persona más importante en mi vida durante estos años y no puedo agradecerte lo suficiente por todo lo que has hecho por mí. Por último, quiero agradecer a mis docentes quienes me han brindado su experiencia y sabiduría durante mi formación académica y en especial a mi tutor el Dr. Roberto Santacruz Reyes, por su apoyo incondicional y su guía desde el primer momento en el desarrollo de este trabajo.

*Ana Paula Zambrano*

Quiero agradecer primero que nada a Dios ya que el me dio la fuerza y perseverancia para lograr mi meta que fue culminar la carrera, también quiere agradecerle a mi Padre el cual siempre estuvo a mi lado apoyándome y teniendo una gran paciencia por mí, por siempre estar a mi lado en los momentos más difíciles, también quiere agradecerle a mi compañera de Tesis Ana Paula ya que nada de esto fuera posible sin su ayuda, siempre fue mi mano derecha en todo este proceso siendo la persona más importante para mí en estos años de carrera. Finalmente quiero agradecer al Dr. Roberto Santacruz Reyes, quien fue un mentor para mí, siempre tuvo la paciencia de explicarme todo lo que le pedía y encaminarme para lograr finalizar la carrera.

*Franco Arturo Arias*

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios, por ser mi guía y quien me llena de sabiduría para poder conseguir cada uno de mis logros, también se lo dedico a mis padres, Amelia y Miguel quienes han sido mi pilar fundamental en el desarrollo de mi carrera, a mi abuelita Rosita por ser mi motor y mi fuente de inspiración, finalmente quiero dedicarle este trabajo a Franco, a mis amigos y seres queridos quienes siempre han estado a mi lado brindándome su ayuda infinita.

*Ana Paula Zambrano*

Este trabajo principalmente se lo dedico a Dios quien me brindo el conocimiento suficiente para poder alcanzar esta anhelada meta. También se lo dedico a mis padres, mi abuela, mi Lobita quien desde el cielo me cuida, y a quienes siempre estuvieron para mi brindándome todo su apoyo incondicional, la señora Mary por siempre cuidarme y ayudarme a lo largo de todo este tiempo. Por último, a Ana Paula la cual siempre tuvo confianza en mi desde el primer día que me conoció dándome el apoyo necesario para poder terminar la carrera.

*Franco Arturo Arias*

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en una granja acuícola perteneciente al grupo LANGOCAMPA S.A., ubicada en la vía a Balosa km 16, de la ciudad de Machala, provincia de El Oro, y tuvo como objetivo principal medir el efecto de la resuspensión de sedimento en la calidad de agua en un estanque de cultivo de *Litopenaeus vannamei*, para esto se requirió de dos estanques acuícolas, en el cual uno iba a ser sometido al proceso de resuspensión (E1) y el otro no (E3).

En el estanque (E1) se utilizó una cadena de 4 metros de largo que fue arrastrada por los bordes, parte media y compuertas. El oxígeno disuelto (OD) antes y después del proceso de resuspensión se registró. También se tomaron muestras de agua para evaluar nitrógeno y fósforo, las cuales fueron procesadas por el Laboratorio de Ensayo de Servicios Acuícolas Gisis, de la empresa Skretting S.A. Muestras de sedimento se tomaron antes y después del ciclo de cultivo en ambos estanques, y fueron procesadas por el laboratorio Nemalab S.A.

Como resultados se observó un incremento del 200-300% en la concentración de OD en el estanque E1 en comparación al estanque E3, lo cual se atribuyó a la resuspensión, ya que permite un mayor contacto del sedimento con la columna de agua, favoreciendo la mineralización de la materia orgánica (MO) y la liberación de nutrientes, incrementando así el fitoplancton y por ende los niveles de OD.

En cuanto a las concentraciones de amonio, nitrito y fosfato, también se incrementaron en la columna de agua de ambos estanques. En el caso del estanque E1 hasta un 355%, 110% y 1133% y del estanque E3 un 350%, 273% y 1559%, para amonio, nitrito y fosfato, respectivamente. Condiciones que se pueden atribuir a la mineralización de la MO, y a las escorrentías en el caso de las formas nitrogenadas; y a la lixiviación del suelo, transporte de nutrientes y movimiento de la capa superficial de la materia orgánica presente en el sedimento, en el caso del fosfato.

Por otro lado, la concentración de MO en el sedimento presentó un incremento del 219% y de 198% en el estanque E1 y E3, respectivamente. Resultados que se pueden atribuir a la acumulación de restos de animales muertos y residuos de alimento no consumidos.

Contrario a lo observado con la MO en el sedimento, el nitrógeno total y el fósforo total disminuyeron alrededor de un 93.75% y 68% en el estanque E1, y un 88% y 71% en el estanque E3, para N total y P total, respectivamente. En cuanto al N, esto se puede asociar a la liberación de amonio y nitrito al agua por el proceso de la mineralización del N, y también por la presencia de un consorcio de bacterias heterotróficas las cuales consumen N. Lo observado con el P en el sedimento se lo atribuye a la resuspensión y también a la liberación de P por el sedimento, lo cual permitió la presencia de este nutriente en el agua.

**Palabras clave:**

Resuspensión, sedimento, materia orgánica, calidad de agua, *Litopenaeus vannamei*.

## ABSTRACT

The present study was carried out in an aquaculture farm belonging to the LANGOCAMPA S.A. group, located on the road to Balosa km 16, in the city of Machala, province of El Oro, and its main objective was to measure the effect of sediment resuspension on the water quality in a *Litopenaeus vannamei* culture pond, for this, two ponds were required, in which one was going to be subjected to the resuspension process (E1) and the other one not (E3).

In the pond (E1) a 4-meter-long chain was used and was dragged along the edges, middle part, and gates. Dissolved oxygen (DO) before and after the resuspension process was recorded. Water samples were also taken to evaluate nitrogen and phosphorus, which were processed by the Gisis Aquatic Services Testing Laboratory, of the company Skretting S.A. Sediment samples were taken before and after the culture cycle in both ponds, and were processed by the laboratory NemaLab S.A.

As results, an increase of 200-300% was observed in the DO concentration in pond E1 compared to pond E3, which was attributed to resuspension, since it allows greater contact of the sediment with the water column, favoring the mineralization of organic matter (OM) and the release of nutrients, thus increasing phytoplankton and therefore DO levels.

Regarding the concentrations of ammonium, nitrite and phosphate, they also increased in the water column of both ponds. In the case of pond E1 up to 355%, 110% and 1133% and pond E3 350%, 273% and 1559%, for ammonium, nitrite and phosphate, respectively. Conditions that can be attributed to OM mineralization, and runoff in the case of nitrogenous forms; and leaching from the soil, transport of nutrients and movement of the superficial layer of organic matter present in the sediment, in the case of phosphate.

On the other hand, the OM concentration in the sediment presented an increase of 219% and 198% in ponds E1 and E3, respectively. Results that can be attributed to the accumulation of remains of dead animals and uneaten food residues.

Contrary to what was observed with OM in the sediment, total nitrogen and total phosphorus decreased around 93.75% and 68% in pond E1, and 88% and 71% in pond E3, for total N and total P, respectively. As for N, this can be associated with the release of ammonium and nitrite into the water by the N mineralization process, and also by the presence of a consortium of heterotrophic bacteria which consume N. What was observed with P in the sediment is attributed to the resuspension and also to the release of P by the sediment, which allowed for the presence of this nutrient in the water.

**Keywords:**

Resuspension, sediment, organic matter, water quality, *Litopenaeus vannamei*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>II</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>III</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>3</b>
<b>3 JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
4.1 Objetivo general .....	5
4.2 Objetivos específicos .....	5
<b>5 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>6</b>
5.1 Acuicultura.....	6
5.2 <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931).....	6
5.2.1 Biología y ciclo de vida.....	7
5.3 Sistemas de cultivo.....	7
5.3.1 Extensivo.....	7
5.3.2 Semi Intensivo.....	8
5.3.3 Intensivo.....	8
5.4 Fondos de los estanques .....	8
5.5 Sedimento.....	10
5.5.1 Nutrientes .....	10
5.5.2 Microorganismos.....	11
5.6 Materia orgánica.....	11

5.6.1	Métodos para medir la materia orgánica .....	13
5.7	Resuspensión de sedimentos .....	13
5.8	Parámetros de calidad de agua .....	13
5.8.1	Oxígeno disuelto .....	13
5.8.2	pH.....	14
5.8.3	Temperatura .....	14
5.8.4	Turbidez .....	15
<b>6</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
6.1.	Localización.....	16
6.1	Materiales.....	16
6.1.1	Equipos.....	16
6.1.2	Materiales.....	17
6.2	Métodos.....	17
6.2.1	Proceso de resuspensión.....	17
6.2.2	Oxígeno.....	18
6.2.3	Temperatura .....	18
6.2.4	pH.....	18
6.2.5	Tomas de muestra de agua .....	19
6.2.6	Tomas de muestra de sedimento .....	19
6.2.7	Diseño Experimental .....	20
<b>7</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>21</b>
7.1	Concentración de Oxígeno Disuelto .....	21
7.2	Amonio.....	23
7.3	Nitrito .....	24

7.4	Fosfato.....	26
7.5	Materia orgánica.....	27
7.6	Nitrógeno total en el suelo .....	29
7.7	Fósforo total en suelo .....	31
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Morfología externa del <i>Litopenaeus vannamei</i> ... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 2.</b> Perfil del suelo del estanque.....	9
<b>Figura 3.</b> Ubicación de la camaronera .....	16
<b>Figura 4.</b> Concentración de oxígeno (mg/L) disuelto en estanques acuícolas para cultivo de <i>L. vannamei</i> con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos; <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 5.</b> Concentración de amonio (mg/L) disuelto en estanques acuícolas para cultivo de <i>L. vannamei</i> con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.....	23
<b>Figura 6</b> Concentración de nitritos (mg/L) disuelto en estanques acuícolas para cultivo de <i>L. vannamei</i> con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.....	25
<b>Figura 7.</b> Concentración de fosfato (mg/L) en la columna de agua en estanques acuícolas para cultivo de <i>L. vannamei</i> con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.....	26
<b>Figura 8.</b> Materia orgánica (%) en estanques acuícolas para cultivo de <i>L. vannamei</i> con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos. .... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 9.</b> Nitrógeno total (mg/kg) en el suelo en estanques acuícolas para cultivo de <i>L. vannamei</i> con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
<b>Figura 10.</b> Fósforo total (mg/kg) en suelo en estanques acuícolas para cultivo de <i>L. vannamei</i> con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos. .... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Concentración de pH .....	52
<b>Tabla 3</b> Concentración de oxígeno disuelto compuertas de entrada.....	52
<b>Tabla 4</b> Concentración de oxígeno disuelto medio del estanque .....	52
<b>Tabla 5</b> Concentración de oxígeno disuelto compuerta de salida.....	53

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A</b> Homogenización de las muestras de suelo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Anexo A</b> Análisis de sedimento .....	44
<b>Anexo B</b> Análisis de calidad de Agua Enero .....	45
<b>Anexo C</b> Análisis de calidad de agua Octubre .....	46
<b>Anexo D</b> Toma de concentración oxígeno disuelto E3 .....	47
<b>Anexo E</b> Toma de concentración de oxígeno disuelto estanque (E3).....	48
<b>Anexo F</b> Resuspensión de sedimento estanque E1 .....	49
<b>Anexo G</b> Toma de parámetros de calidad de agua (E3).....	49

# 1 INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las industrias con un índice de crecimiento a mayor escala mundial, en los últimos años su nivel de importancia ha crecido de tal manera que representa el 46% de la producción total de peces de consumo humano, la acuicultura representa la diversidad de la genética acuícola dentro y entre las especies de cultivo. El mismo que ha sabido posicionarse debido a la importancia de sus productos por su alto valor nutricional en especies de cultivo como peces, crustáceos y moluscos (FAO, 2022).

En nuestro país la acuicultura es una industria que ha ido creciendo a lo largo de décadas, su constante dinámica y su crecimiento ha sido una pieza importante en la producción de organismos acuáticos específicamente en el cultivo de *Litopenaeus vannamei*, dentro de nuestro país contamos con sistemas de cultivos, extensivos, semi intensivos e intensivos (Acebedo, 2018) de los cuales los mayores índices de producción en nuestras costas ecuatorianas son los sistemas semi intensivos mediante estanques, tanques y raceways.

Los estanques son uno de los medios de cultivos con mayor aceptación dentro de nuestro país, debido que estos permiten mantener las condiciones necesarias para la producción de organismos acuícolas como el *Litopenaeus vannamei*, Este medio de producción se caracteriza por esta conformado por un fondo donde el organismo se desarrolla la mayor parte de su crecimiento y realiza funciones fisiológicas necesarias para su desarrollo, funciones fisiológicas como alimentación y procesos de muda, lo cual hace que los cultivos en estanques sean uno de los diseños más apropiados para el desarrollo de un cultivo de crustáceos (García *et al.*, 2018).

Los fondos de los estanques acuícolas recurrentemente se han considerado un misterio debido a la falta de conocimiento de su dinámica interna, de la cual se ha podido identificar que existe vida en el fondo, dominada por bacterias aeróbicas y anaeróbicas encargadas de los procesos de nitrificación y desnitrificación de los fondos acuícolas, es el lugar donde se produce el reciclaje de nutrientes y donde diferentes parámetros de calidad de los suelos que influyen en los fondos como la concentración de oxígeno disuelto y el pH (Merchán, 2017).

Existen diferentes formas de conocer la dinámica de los nutrientes y factores que influyen en la calidad de la materia orgánica que es un componente de los fondos de los cultivos acuícolas, se han estudiado diferentes procesos como la resuspensión de sedimentos, el cual es un mecanismo que permite que el sedimento del fondo se incorpore en la columna de agua por la acción de los flujos que interactúan cerca del fondo, mediante un proceso de tensión ocasionado por las olas que se producen en el fondo al vencer la resistencia del sedimento.

En un ecosistema acuático la disminución o el aumento de materia orgánica en sedimentos puede marcar una diferencia significativa, es por esto que realizar un proceso de resuspensión de sedimentos para remover las partículas sedimentadas ayuda a descomponer la materia orgánica en estanques de producción acuícola, permitiendo que el proceso de la mineralización de los nutrientes que ahí se encuentra (Gavino, 2017).

Actualmente uno de los principales problema para los productores no solo es la calidad de agua sino también la calidad de suelo, esto se debe a las prácticas de cultivos, entre las cuales se encuentran a biorremediación al finalizar el cultivo, sin embargo, no siempre podría ser la mejor opción, esto debido a que si la calidad del suelo no es óptima parte de los nutrientes también pasará a la corriente de agua deteriorando la calidad de agua y no solo eso, también debemos tomar en cuenta que al momento de cosechar nuestras piscinas toda esa agua cargada de nutrientes saldrá, provocando contaminación y afectando al medio ambiente.

Resuspender los sedimentos para ayudar a oxidar más rápido los nutrientes que se hayan en los fondos, disminuir la materia orgánica y por ende mejorar la calidad de agua, suelo y oxigenación y también tener un menor impacto ambiental (Robothan *et al.*, 2021).

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la acuicultura las alternativas para tratar los fondos de los estanques han sido generalmente un poco escasas debido a la falta de conocimiento de los procesos que se dan en los fondos, al poco conocimiento de la interacción de los parámetros de calidad de agua en la influencia del sedimento, en el cual no existe control de sedimento debido que su oxidación hace que frecuentemente los sólidos se suspendan por el inminente contacto con el agua, se ha podido estimar que alrededor del 20% del alimento ofrecido a los organismos de cultivo se transforma en sedimento, lo que representan un gran porcentaje de acumulación de nutrientes para los fondos de un sistema de cultivo.

El mal manejo de los fondos acuícolas ocasionado por la interacción del suelo erosionado, el alimento no consumido en conjunto con las heces, plancton y diferentes microorganismos en descomposición son depositados en los fondos de los estanques, lo que generalmente puede crear una alteración en la estructura de las comunidades bentónicas y la composición de los mismos, ya que generalmente los fondos con malos manejos son los principales productores de amonio o metabolitos tóxicos que influyen en el crecimiento del camarón.

Mediante la medición de la resuspensión de sedimentos se pretende determinar la concentración de oxígeno disuelto y como este puede influir en los parámetros de calidad de agua y la concentración de la materia orgánica en el sedimento en los cultivos de *Litopenaeus vannamei*. Al poder medir este efecto que tiene la resuspensión en los sedimentos sin duda será la base de nuevas formas de mantener un buen equilibrio entre los fondos de los estanques acuícolas como medio de producción.

Esto permitirá indudablemente mejorar la producción de los organismos acuícolas, debido a la mejora de la calidad de agua y diferentes parámetros que juegan un papel indispensable en la dinámica de la producción de cultivo acuícolas específicamente en la producción de camarón blanco.

### 3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo es realizado con la finalidad de medir el efecto de la resuspensión de sedimentos sobre la calidad de agua en estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei*, debido a que los fondos de los cultivos acuícolas siempre han sido considerados como uno de los componentes de los estanques más complejos gracias a la interacción de la materia orgánica, nutriente, además de la acumulación de bacterias que juegan un papel importante en el equilibrio del medio. El manejo de los fondos de un estanque una alternativa para determinar tanto la concentración de oxígeno disuelto en conjunto con los parámetros de calidad de agua como respuesta a la concentración de materia orgánica en el sedimento.

Es por ello que surge la idea de medir el efecto de la re suspensión de sedimentos sobre la calidad de agua en los cultivos acuícolas, ya que los organismos son bentónicos y suelen habitar en áreas anóxicas pero con la re suspensión de sedimentos se puede evitar el riesgo que estos estén expuestos a áreas en la cuales el oxígeno es escaso ya que la re suspensión mejora la oxigenación y parámetros de calidad de agua, los cuales son factores primordiales para una mejor producción de cultivo de *Litopenaeus vannamei*.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Medir el efecto de la resuspensión de sedimentos sobre la calidad de agua en estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei*.

### 4.2 Objetivos específicos

- Determinar la concentración de oxígeno disuelto como respuesta a la resuspensión de sedimentos.
- Determinar el efecto de la resuspensión de sedimento en los parámetros de calidad de agua.
- Medir la respuesta de la resuspensión en la concentración de materia orgánica, nitrógeno y fosforo total en el sedimento.

## 5 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Acuicultura

Miranda *et al.* (2010) señalan que la acuicultura es una actividad que se basa en el cultivo de peces, crustáceos y moluscos, la misma que ha venido evolucionando a medida que los conocimientos, las experiencias y las necesidades se han venido dando a conocer para mejorar el cultivo y por ende la producción de organismos acuáticos especializados para la venta y consumo humano. La acuicultura es una industria encargada de proveer alimentos de excelente calidad a bajos costos, se ha caracterizado por su creciente demanda en los últimos 20 años, debido a los aportes nutricionales que esta brinda mediante el consumo de sus organismos.

La producción acuícola ha podido ayudar a diferentes sectores entre los cuales podemos encontrar los sociales, económicos, natural y cultural, en búsqueda de nuevas herramientas que permitan a pequeñas, medianas y grandes industrias que se dedican al cultivo de especies acuícolas a mejorar la calidad de vida del factor humano, mediante la producción de divisas y fuentes de empleos en los países que se dedican a la actividad acuícola. Autores como Aguilar & Ramos (2017) señalan que en Ecuador la acuicultura es una fuente de divisas con un alrededor del 95% debido a la exportación de crustáceos como el camarón blanco o *Litopenaeus vannamei*.

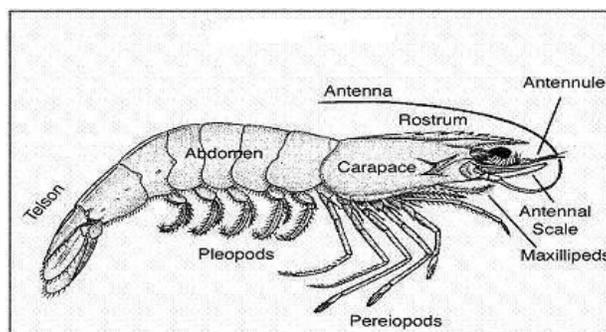
### 5.2 *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931)

*Litopenaeus vannamei* o camarón blanco como es conocido, Lanche (2022) señala que se encuentra distribuido por el océano Pacífico desde Baja California hasta Perú, debido a sus características tanto fisiológicas como biológicas es considerada una de las especies de cultivo con más amplio valor económico, ya que posee la capacidad de adaptarse a diversos cambios de temperatura, salinidad y mantener una tasa de crecimiento adecuada, además de su alto valor comercial en mercados internacionales enfocados en la alimentación.

### 5.2.1 Biología y ciclo de vida

Las principales características biológicas del *Litopenaeus vannamei*, es la presencia de un rostrum ligeramente alargado, en cual se pueden identificar desde 7 a 10 dientes dorsales y seguidamente de 2 a 4 ventrales, la diferenciación sexual se puede evidenciar por un petasma semi abierto y simétrico en el caso de los machos, mientras que en caso de hembras se observa un télico abierto. El *L. vannamei* presenta diferentes etapas de vida que le permiten llegar a su tamaño comercial pasando por etapas de supervivencia: 5 etapas de nauplios, seguidamente por 3 etapas de protozoa y 3 de mysis. En cuanto al tamaño, se ha podido conocer que las hembras poseen mayor talla y tienden a crecer más a diferencia de los machos, señaló (Moncayo, 2020).

**Figura 1** Morfología externa del *Litopenaeus vannamei*



**Fuente:** Astudillo, (2021).

### 5.3 Sistemas de cultivo

El cultivo de camarón se realiza mediante sistemas que se han podido clasificar de acuerdo a intensidad de sus cultivos los cuales son:

#### 5.3.1 Extensivo

Vazques(2022) denomina que el cultivo de camarón intensivo en diferentes países de Latinoamérica es el más común en áreas intermareales, este tipo de cultivo se caracteriza por no presentar sistemas de aireación y bombeo de agua, con alimentación de una vez en el día,

generalmente se dan por medio de estanques en áreas de gran extensas que podrían oscilar entre 5 a 10 e incluso se ha podido conocer que pueden llegar a 30 has, con profundidades de 0.50 a 1.50 metros, para este tipo de cultivo se utiliza semillas procedentes de laboratorios con densidades de 4 a 10 PL/m<sup>2</sup>. Se ha logrado conocer que pueden producir entre 150 y 500 kg/ha/cosecha, mediante dos cosechas en el año

### **5.3.2 Semi Intensivo**

Este tipo de cultivo se maneja con la ayuda de recambios de agua mediante el bombeo, otra de sus principales características es la fertilización de los estanques como fuente de alimentación suplementaria y ocasionalmente el uso de aireación, aquí encontramos densidades de siembra de 10-30 PL/m<sup>2</sup>, los estanques pueden tener dimensiones de 1 a 5 has en las cuales las profundidades varían alrededor de 1 a 1.50 metros, la dosis de alimentación van desde 2 a 3 raciones por días, obteniendo resultados hasta 2000 kg/ha/cosecha (Sacasqui, 2017).

### **5.3.3 Intensivo**

Este tipo de sistema de cultivo se caracteriza por albergar altas densidades de siembra, se pueden encontrar de 60 a 200 PL/m<sup>2</sup>, el área de cultivo es relativamente pequeña, se utilizan estanques de 0.1 a 1 ha este tipo de estanques pueden ser de tierra o utilizar membranas para recubrimiento del suelo que permiten reducir la erosión del suelo y mejorar de la calidad de agua, generalmente se encuentra fuera de áreas intermareales, se combina de la aplicación tecnológica mediante utilización de sistemas de aireación, recambio de agua, alimentación automática y sistemas de invernaderos que les permite controlar los parámetros más importantes de calidad de agua, llegando a obtener producciones de hasta 20000 kg/ has logrando cultivar de 2 a 3 cosechas por año (Barrezueta, 2021).

## **5.4 Fondos de los estanques**

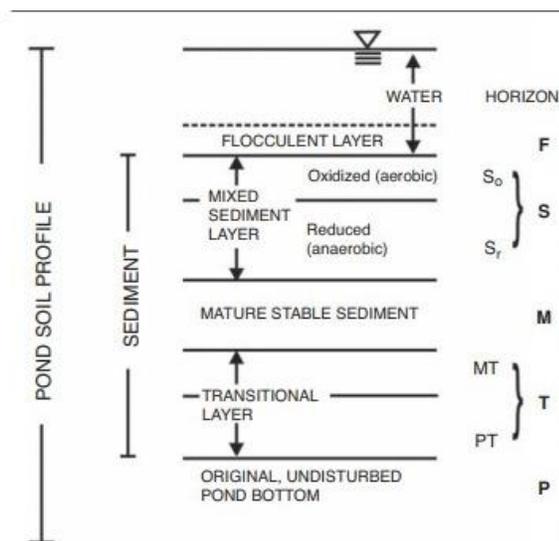
Vega (2021) señala que uno de los principales requerimientos para realizar acuicultura es la selección de suelos, compactación y revestimiento de arcillas, en los cuales los fondos son

indispensables para el desarrollo de la actividad, generalmente los fondos de suelos se hayan de 75 a 120 cm de profundidad, de esto depende la calidad del fondo acuícola, y la dinámica de sus componentes físicos, químicos y biológicos en combinación con los parámetros de producción.

El perfil del suelo de los estanques se encuentra separados por horizontes, en el horizonte F es la capa aeróbica o conocida como floculante donde se encuentra el agua con altas concentraciones de minerales, y solidos orgánicos, seguidamente se encuentra el horizonte S, en esta área se encuentra agua con alto contenido de sedimento, además de abundante materia orgánica agitada por agentes físicos y biológicos, esta es una superficie aeróbica muy delgadas y en su interior anaeróbica.

El horizonte M se encuentra con contenido medio de agua, una densidad aparentemente seca con abundante materia orgánica es un área anaeróbica, el horizonte T o conocido como zona de transición, posee características intermedias, esta área es anaeróbica, finalmente el horizonte P posee bajos contenidos de agua, generalmente se haya compactado, además posee baja materia orgánica siendo un área anaeróbica, señalaron Boyd & Queiroz (2014).

**Figura 2** Perfil del suelo del estanque



**Fuente:** (Boyd,2012)

## 5.5 Sedimento

Se denomina sedimento a la capa superficial que se haya en el fondo de un cuerpo de agua, este se encuentra principalmente compuesto por los sólidos en descomposición de nutrientes y diferentes partículas que se hallan en contacto con el agua y el suelo, Yossa (2014) mediante su investigación señalan que el sedimento de un estanque acuícola es considerado uno de los factores que tienen mayor incidencia en la calidad de agua, por ende, la producción de organismos acuícolas.

El sedimento es de suma importancia dentro de un cultivo acuícola debido que este permite la liberación gradual de nutrientes permitiendo que la productividad primaria del sistema aumente, es aquí donde se producen reacciones bioquímicas que ocurren dentro del cuerpo de agua, los sedimentos también poseen la capacidad de retención de los residuos de metabolitos tóxicos como fosfatos y amonios en conjunto a la absorción de sustancias que se adhieren al estanque como fertilizantes y la cal (González, 2015).

### 5.5.1 Nutrientes

Los sedimentos de los estanques acuícolas (cultivo de peces) de agua dulce son abundantes en nutrientes como el carbono (18,3-92,3 g/kg), nitrógeno (1,08-7,03 g/kg), magnesio (0,62-2,93 g/kg), potasio (0,62-2,25 g/kg) y fósforo (0,22-2,07 g/kg) (Drózdź *et al.*, 2020). La abundante presencia de nutrientes disponibles en los estanques de producción se debe principalmente a la fertilización y a la alimentación con piensos (exógena) (Celi, 2021).

Por otro lado los sedimentos de los estanques acuícolas de agua salobre son ricos en nutrientes como fósforo y nitrógeno, entre los cuales el fósforo representa un 20,4% y el nitrógeno un 53,3% dentro de los estanques acuícolas; Estos nutrientes se encuentran biodisponibles en los estanques por acción de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes (Moroyoqui *et. al* 2012).

### **5.5.2 Microorganismos**

Los sedimentos albergan una variedad de microorganismos que contribuyen a la salud animal, al microecosistema (Hou *et al.*, 2021) y al ciclo biogeoquímicos en los ecosistemas acuícolas (Trivedi *et al.*, 2020).

En el estudio realizado por Hou *et al.* (2021) mediante la utilización del gen 16S rRNA determinaron los filos microbianos que se pueden encontrar con mayor frecuencia en los sedimentos de los estanques de cultivo de camarón los cuales fueron Actinobacteria, Proteobacteria, Bacteroidetes, Chloroflexi, Firmicutes, Cianobacteria, Acidobacteria, Spirochaetae, Ignavibacteriae y Planctomycetes. Además, también se dio la presencia de algunos patógenos oportunistas como los *Vibrio* y *Photobacterium* y posibles microbios funcionales como lo son la *Nitrospira*, *Nitrosomonas*, *Desulfuromusa* y *Desulfobulbus* mismos que también estaban distribuidos en los sedimentos de los estanques de cultivo.

Las abundancias de estos microorganismos tienden a ser diferentes entre estanques, aunque en los estudios de Hou *et al.* (2021) y Hu *et al.* (2022) se repitieron los filos de Bacteroides, Proteobacteria y Chloroflexi, lo cual da a entender su importancia en equilibrio de los ciclos biogeoquímicos de los estanques.

En cuanto a los requerimientos de las bacterias estas pueden consumir de un 10 al 50% de todo el carbón fijado, lo que da una suposición de un 50% de eficiencia en la conversión de carbono (Hernández, 2016).

### **5.6 Materia orgánica**

Boyd (2020) señala que la materia orgánica es la acumulación de sustancia de desecho como las heces, restos de alimentos no consumidos, organismos muertos, siendo estos los principales causantes del deterioro de la calidad de agua causando la descomposición de la misma, la sedimentación y acumulación de la materia orgánica depende del sistema de cultivo ya sea este extensivo, semi intensivo e intensivo, esto conlleva a la liberación de metabolitos tóxicos como el amonio dentro del cuerpo de agua generando que incrementen

la demanda de oxígeno disuelto. La acumulación de la materia orgánica provoca en los fondos condiciones anaeróbicas que limitan la producción bentónica.

La materia orgánica se encuentra en el fondo de los estanques, sin duda este es el lugar en cual se puede encontrar mayor proliferación de microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica, es aquí donde se produce el reciclaje de nutrientes generando mayor demanda de oxígeno disuelto en la columna de agua y por ende en el sedimento, a partir de estas reacciones pueden surgir sustancias tóxicas como la producción de amonio, sulfuros, nitritos, hidrógeno y  $\text{Fe}^{+2}$  (Kassila, 2003).

La materia orgánica se la puede fraccionar en 3 tipos; Los materiales orgánicos particulados (partículas orgánicas  $>53 \mu\text{m}$  de tamaño no asociadas con granos minerales), humus (materiales orgánicos  $<53 \mu\text{m}$  asociados con partículas minerales o existentes como moléculas individuales o aglomeraciones) y la materia orgánica recalcitrante (materiales orgánicos estables frente a la oxidación ultravioleta y típicamente dominados por el carbón vegetal), a menudo nombrados como carbón “inerte” (Baldock *et al.*, 2004).

La materia orgánica (MO) consiste tanto de compuestos de fácil degradación denominadas como lábiles, semilábiles y de degradación lenta conocidos como refractarios González *et al.* (2019) tóxicos (Sun *et al.*, 2019). Los compuestos lábiles tienden a descomponerse en días o hasta semanas a diferencia de los refractarios los cuales requieren de meses a años para su completa descomposición. En los cultivos acuícolas se denomina a la materia orgánica recientemente asentada como las heces, alimento no consumido y plancton muerto como (MO) lábil, pero con un pequeño porcentaje de componente refractario (Boyd, 2020).

En cuanto a la degradación de la degradación de la materia orgánica lábil está mediada principalmente por procesos microbianos aeróbicos y anaeróbicos en la interfase dinámica, con una liberación simultánea de nutrientes inorgánicos (Asaoka *et al.*, 2020).

### **5.6.1 Métodos para medir la materia orgánica**

Los métodos para medir la materia orgánica (MO) juegan un papel muy importante en la productividad y la calidad de los suelos, autores como Wayne *et al.* (2019) señalan que los métodos más comunes para la medición de MO y sus compuestos entre los cuales se hayan. Método de pérdida de masa por ignición de Walkley-Black, este método implica la descomposición térmica de MO del suelo mediante la utilización de un horno mufla, desencadenando oxidación y volatilización por la descomposición térmica de la masa de la materia orgánica del suelo. Otro método de medición de materia orgánica mediante la comparación de colorimetría del suelo. Otro de los métodos utilizados es el de combustión seca automatizada.

### **5.7 Resuspensión de sedimentos**

La resuspensión de sedimentos es un mecanismo en el cual el sedimento del fondo se incorpora a la columna de agua, esto se debe a la acción del fondo al estar en contacto de los flujos de agua, este proceso se puede dar por el contacto de las olas del fondo que vencen las resistencias opuestas por el sedimento, también se puede dar por el incremento cohesivo del sedimento, el control biológico o por acciones antropogénicas (Guillen *et al.*, 2000).

En este mismo contexto Ortiz & Obando (2004) señalan que los procesos de resuspensión contribuyen que los flujos de nutrientes como nitrógeno y fósforo puedan absorberse en la materia orgánica y seguidamente se puedan desadsorber hacia la columna de agua al por efecto de la resuspensión de los sedimentos y mejorar las concentraciones de los mismos.

### **5.8 Parámetros de calidad de agua**

#### **5.8.1 Oxígeno disuelto**

Uno de los parámetros con mayor incidencia dentro de los cultivos acuícolas es el oxígeno disuelto, es una de las variables más críticas dentro de un sistema de producción, su dinámica dentro del estanque permite el crecimiento y las actividades de los organismos, el consumo del oxígeno disuelto se encuentra representado por un 50 a 55% de la tasa de respiración del

sedimento, mientras 40 a 45% por el fitoplancton y solo un 5% es utilizado por los organismos de producción (Boyd, 2017).

Carranza (2020) señala que dentro de las principales fuentes de oxígeno podemos encontrar, la fotosíntesis, la difusión del oxígeno atmosférico, recambios de agua y aireación mecánica, la concentración de oxígeno disuelta influencia en el crecimiento de los organismos de cultivos, su disminución genera problemas entre las especies desde la limitación de la alimentación hasta la proliferación de patógenos, inmunodepresión y crecimiento lento.

### **5.8.2 pH**

Hernández (2016) señala que el pH es un indicador de iones de Hidrógenos que se encuentran en un cuerpo de agua, el cual está determinado por una escala la cual va desde 1 a 14, siendo 7 el estado de neutralidad, mientras que los valores por debajo de 7 se los consideran ácidos mientras que los que se encuentran por encima de 7 son básicos, en la acuicultura el potencial de hidrógeno juega un papel importante, debido que al mantener una buen optimo parámetro de calidad de agua oscila entre 7.5 y 8.5 siendo estos los rangos en los cuales se ha demostrados resultados de crecimiento y un factor de conversión alimenticia adecuado para el crecimiento (Toro, 2022).

Uno de los factores que afecta en los valores del pH es la fotosíntesis, haciendo que este produzca varíe durante el día debido que el fitoplancton consume CO<sub>2</sub>, produciendo que este aumente, provocando un desequilibrio en el cuerpo de agua y en los organismos que ahí se desarrollan (Orellana, 2017).

### **5.8.3 Temperatura**

Astudillo (2021) señala que la temperatura es uno de los parámetros de calidad de agua con mayor influencia dentro de un estanque de cultivo, debido que permite interactuar con otras variables tanto físicas como químicas, se ha llegado a identificar que puede relacionarse con la solubilidad de los gases principalmente el oxígeno disuelto, además incide en los procesos y la velocidad de reacciones químicas en el agua como el sedimento, la combinación de pH

y temperatura en rangos elevados producen formación de amonio no ionizado causante de metabolitos tóxicos en los organismos.

La temperatura incide en el consumo de oxígeno por parte de las especies de cultivo, si esta aumenta en tal forma que no puede ser tolerada el consumo de oxígeno máximo de OD se encontrará en un rango limitado, haciendo que la respiración de los organismos decrece hasta tal punto que puedan ocasionar la muerte (Boyd, 2017).

#### **5.8.4 Turbidez**

La turbidez es denominada como un parámetro físico contaminante que generalmente es ocasionado por la presencia de sólidos en suspensión en columna de agua (Budi *et al.*, 2021). En los estanques la turbidez puede ser ocasionada por la resuspensión de sedimento, la entrada estiércol y piensos, actividad biológica y la erosión del suelo. Por otro lado, puede estar compuesto por materia orgánica (microorganismos y plancton) como inorgánica (mineral, cal) (Durai *et al.*, 2021).

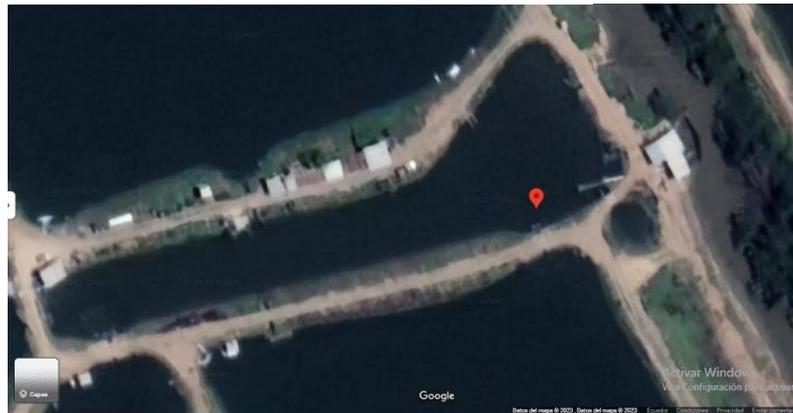
La turbidez no es del todo negativo para los cultivos en acuicultura ya una turbidez baja indica poca productividad, mientras que una turbidez alta genera varios problemas durante el cultivo, como la inhibición de la fotosíntesis, daño de las branquias Durai *et al.* (2021), disminución del oxígeno y aumento de la temperatura (las partículas absorben el calor de la radiación solar que posteriormente es trasferido al agua circundante) (Tomperi *et al.*, 2020).

## 6 MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1. Localización

El presente trabajo investigativo fue realizado en una granja acuícola ubicada en el cantón Machala, en la vía Balosa kilómetro 16 con coordenadas  $3^{\circ}18'37.8''S$  y  $79^{\circ}58'55.0''W$ , se abastece con agua de manglar, generalmente las temperaturas que oscilan en el sector van en rangos de  $20^{\circ}C$  a  $31^{\circ}C$ , presentando parámetros físicos químicos aptos para el cultivo acuícola de *Litopenaeus vannamei*.

**Figura 3.** Ubicación de la camaronera



**Fuente:** Google Earth (2023)

Además, dispone de infraestructura para sistemas de pre cría, siembra y cosecha de *L. vannamei*.

### 6.1 Materiales

#### 6.1.1 Equipos

- 1 medidor de oxígeno disuelto (RCYAGO)
- Salino-metro digital (CIZTADA )
- pH-metro (RUOLAN B08HLX)

### **6.1.2 Materiales**

- 4 metros de cadena
- 2 estanques camaroneros
- 1 panga
- 1 remo
- 4 botellas
- 1 cooler
- 4 fundas ziplock

## **6.2 Métodos**

### **6.2.1 Proceso de resuspensión**

Para el proceso de resuspensión, se utilizó una cadena de 4 metros de largo, con un procedimiento simple, el cual consiste en caminar dos personas tomando punta y punta de la cadena permitiendo que esta vaya removiendo los fondos de la piscina, este procedimiento se lo realizó mediante la caminata de los alrededores, el centro del estanque y las áreas cercanas a las compuertas de entada y salida de agua. Este procedimiento se realizó cada quince días, entre las 11 y 11:30 de la mañana.

#### ***6.2.1.1 Monitoreo de parámetros de calidad de agua***

El monitoreo de parámetros de calidad de agua es indispensable para la producción acuícola, es aquí donde se controla parámetros químicos, físicos, y biológicos, los mismos que dentro de un sistema de producción deben mantener ciertos rangos para el correcto desarrollo de las especies cultivadas, debido a la importancia de la calidad de agua, se procedió a evaluar algunos parámetros tanto físicos como químicos en los estanques que se utilizaron en este estudio, con el fin para determinar su variación como resultado de la resuspensión de sedimentos acuícolas.

### **6.2.2 Oxígeno**

Las muestras de oxígeno fueron tomadas de la unidad experimental denominada Estanque (E1) la cual tiene una capacidad de 14 has de producción, la misma que su densidad de siembra inicial de 7 animales por metro cuadrado de camarón blanco, las tomas de oxígeno se realizaron cada 15 días en diferentes puntos de la camaronera, estos puntos se ubicaron en las entradas de agua, puntos medios, y las compuertas de salida de agua en tres diferentes profundidades como el fondo, medio y la superficie del estanque acuícola alrededor de las 11 y 11:30 de la mañana.

También se tomaron muestras de la concentración de oxígeno disuelto en el estanque (E3) de 17 has de producción con una densidad de siembra inicial de 7 animales por metro cuadrado, las muestras se realizaron de manera similar al estanque 1, cada 15 días y en diferentes puntos de la camaronera como el fondo, el medio y la superficie del estanque en las horas de la mañana.

### **6.2.3 Temperatura**

Este estudio se realizó dentro de los meses de octubre a enero, en nuestro país Ecuador, estos meses son representativos de temporadas de final de verano e inicio de invierno, en el cual clima es seco con temperaturas frescas combinadas en climas cálidos y lluviosos, las fluctuaciones de temperatura se deben a los microclimas de acuerdo a las áreas de ubicación de los sistemas de cultivos fluctuó entre rangos de 23.4 ° a 24. 3° C, el monitoreo de temperatura en la columna de agua se realizó a tres diferentes profundidades de la columna de agua como el fondo, medio y la superficie del estanque, en tres lugares específicos como las compuertas de entradas, salidas y el medio del estanque.

### **6.2.4 pH**

El monitoreo de pH en estanque E1 como E3 fueron tomadas en diferentes zonas, estas fueron localizadas por áreas, específicamente en las compuertas de entrada, salida y cerca de los

alimentadores del medio del estanque, cada quince días antes y después del proceso de resuspensión en el estanque E1, y una vez cada quince días en el estanque E3.

#### **6.2.5 Tomas de muestra de agua**

Las muestras de agua fueron tomadas de los estanques acuícolas de la granja camaronera ubicada en la vía Balosa, en las fechas de octubre y enero de dos diferentes estanques uno con resuspensión de sedimentos (E1) y otro sin resuspensión de sedimentos (E3).

Las muestras de agua se recolectaron de tres lugares diferentes del estanque acuícola, tanto del estanque E1 como del estanque E3. Las muestras de agua se tomaron de tres diferentes lugares, la compuerta de entrada, salida y el medio del estanque, seguido a esto se homogenizaron y se almacenaron en envases plásticos, las mismas que se preservaron al frío hasta llegar al laboratorio Gisis. Para los análisis de nutrientes como el nitrito se utilizó el método estándar de la sulfanilamida, mientras que para el amonio se utilizó el método del Salicylate-8155, en cuanto a los fosfatos se utilizó el método del Acido Ascórbico-8048.

Las muestras fueron procesados por el laboratorio de ensayo de servicio acuícolas Gisis S.A. bajo la dirección de la empresa de alimentos balanceados SKRETTING.

#### **6.2.6 Tomas de muestra de sedimento**

Las primeras muestra de sedimento de los estanques E1 y E3 se las obtuvo a los 3 días posteriores de haber sido cosechada la granja acuícola, antes de que estos estanques sean tratados para el nuevo ciclo de producción, esta muestra fue tomada en diferentes sectores del estanque.

Estas muestras se tomaron de las áreas de compuertas de entrada, con una profundidad de hasta 30 cm del suelo debido que a esta profundidad se puede obtener mayor concentraciones de nutrientes en la materia orgánica, seguidamente se procedió al centro del estanque cerca de un comedero y se tomó muestra de sedimento con la misma profundidad al suelo, finalmente la última muestra se la procedió a recolectar en el área de la compuerta de salida a 30 cm de suelo. Para cada una de las muestras se tomó 3 repeticiones más por motivo de

análisis. Las segundas muestras posteriores a los procesos de resuspensión y después de la cosecha, se las tomó en los mismos lugares, como compuertas de entradas, en el centro de la piscina, en las áreas de las compuertas de salida cada una con su respectiva repetición y a 30 cm de profundidad del suelo.

Las muestras de sedimento fueron procesadas por el laboratorio de análisis agrícola NEMALAB S.A, en las cuales se midió materia orgánica mediante el método de dicromato de potasio, nitrógeno total por digestión húmeda método de Kjeldahl, y fósforo mediante espectrofotometría de absorción atómica.

### **6.2.7      Diseño Experimental**

Este trabajo investigativo está basado en un diseño experimental simple, el mismo que se desarrolla con un método estadístico descriptivo y con una variable, con la ayuda de tablas y figuras, para demostrar el efecto de la resuspensión de sedimentos en la calidad de agua en estanques de cultivo de *L. vannamei*, en un estanque de 16 ha, con una densidad de siembra de 7 animales por metro cuadrado.

## 7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

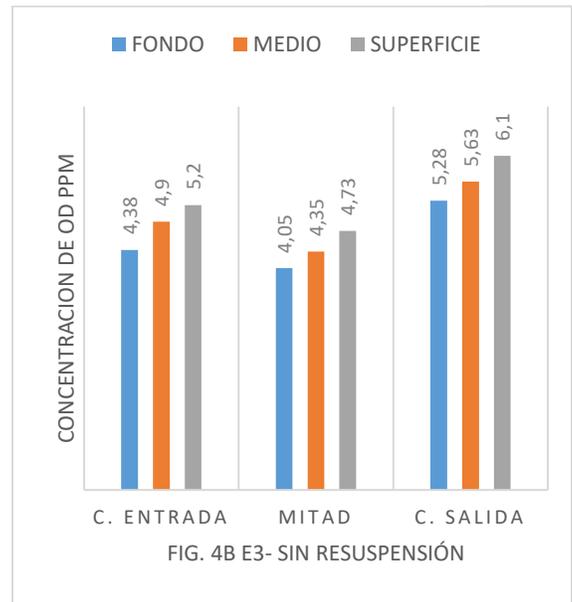
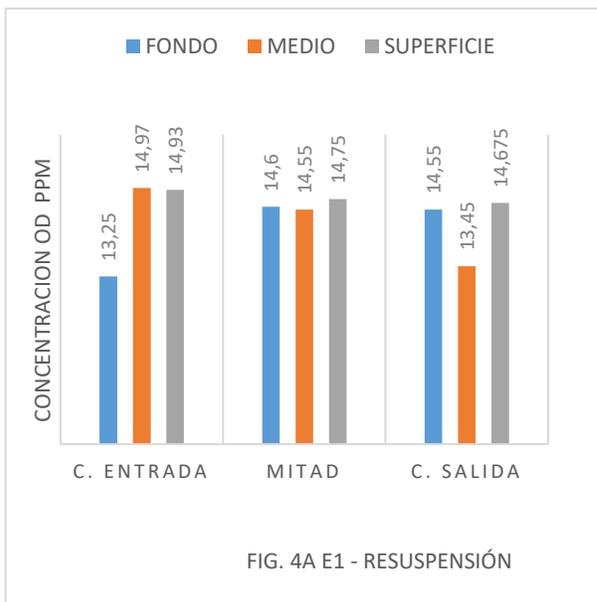
Un estanque acuícola de 16ha de producción, que fue sembrado a densidad de 7 camarones por m<sup>2</sup>, se obtuvo una biomasa final de 7.680 kg, con peso final de organismos de 16g (±2g) la misma que presento una supervivencia del 40% de *Litopenaeus vannamei*.

Mediante los análisis de suelo y calidad agua de un estanque camaronero realizados entre los meses de octubre del 2022 y enero del 2023, se pudieron obtener los siguientes resultados, luego de los procesos de resuspensión de sedimentos los cuales han sido comparados con un estanque sin resuspensión.

### 7.1 Concentración de Oxígeno Disuelto

La concentración de oxígeno disuelto fue tomada en tres lugares del estanque acuícola: en la compuerta de entrada, en el medio de la piscina y en la compuerta de salida, y a tres diferentes profundidades: fondo, medio y superficie de la columna de agua del estanque.

**Figura 4.** Concentración de oxígeno disuelto en estanques acuícolas para cultivo de *L. vannamei* con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos



**Fuente:** Los autores

En la Fig. 4 se observa la concentración de oxígeno disuelto en los estanques con y sin resuspensión de sedimentos. En el estanque sin resuspensión el OD osciló en un rango de 4 a 6 mg/L, mientras que en el estanque con resuspensión el OD varió entre 13,20 y 15 mg/L.

Al comparar la concentración de OD en ambos estanques, se observa que en el estanque con resuspensión la concentración de OD se incrementó entre 200 y 300%.

La concentración oxígeno disuelto en la columna de agua se debe específicamente a diferentes factores tanto abióticos como bióticos, entre los cuales se puede mencionar la actividad fotosintética de algas y plantas acuáticas, la influencia de la temperatura, carga de nutrientes, respiración de los organismos acuáticos y los gases disueltos en el aire atmosférico permiten que los niveles de oxígeno disuelto en el agua se incrementen (Boyd, 1998), además señala que el exceso de alimentación, la sobrepoblación y la acumulación de materia orgánica en los fondos aumentan la demanda de oxígeno en las noches y por el contrario estos niveles de oxígeno disminuyen.

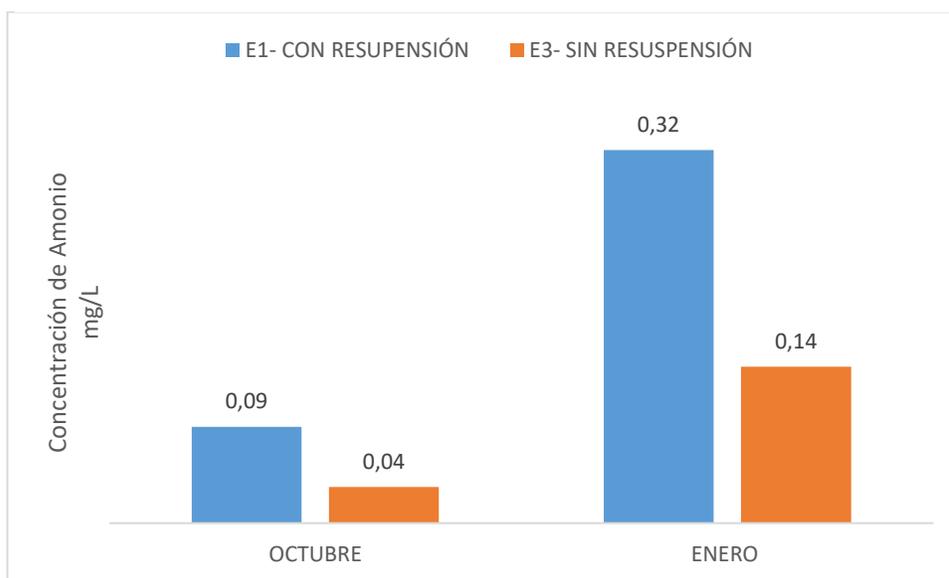
El incremento en la concentración de OD observado en el estanque con resuspensión se podría justificar con el hecho de que este proceso permite un mayor contacto del mismo con la columna de agua, favoreciendo así la mineralización de la materia orgánica presente. Esta mineralización termina con la liberación de nutrientes contenidos en el sedimento, lo cual favorece a las microalgas presentes en la columna de agua, y por lo tanto se incrementa el número de ellas, con el correspondiente incremento en la concentración de OD mencionado (Wang *et al.*, 2021).

Por otro lado, como se puede observar en la Fig. 4A, el fondo del estanque presenta mayor concentración de oxígeno disuelto, esto se puede asociar a la turbidez del estanque acuícola y a la poca profundidad e irregularidad del fondo de la piscina, ya que Celi (2021) señala que la profundidad de un ecosistema acuático se ve relacionada con el aumento o disminución de OD en un cuerpo de agua, el cual al tener poca profundidad y permitir que los rayos del sol penetren el fondo facilitan el proceso fotosintético y la producción de oxígeno disuelto.

## 7.2 Amonio

En la Fig. 5 se observan las variaciones de amonio en los estanques acuícolas con y sin resuspensión. En el estanque E1 con resuspensión los rangos de concentración de amonio oscilaron entre 0,09 a 0,32 mg/L mientras que, en el estanque E3 los rangos de concentración de amonio oscilaron entre 0,04 a 0,14 mg/L.

**Figura 5** Concentración de amonio en estanques acuícolas para cultivo de *L. vannamei* con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.



**Fuente:** Los autores

Al comparar las variaciones de amonio en los estanques acuícolas con y sin resuspensión, se observa que en el E1 existe un incremento del 355% de amonio luego del proceso de resuspensión, mientras que en el E3 el incremento de amonio fue de 350%.

El nitrógeno es uno de los componentes más importantes de la productividad primaria en los cultivos acuícolas. El nitrógeno en los estanques se lo puede encontrar bajo la forma de nitrato, nitrito, amoniaco y amonio como productos del metabolismo los organismos Yossa (2014), estos productos son transformados mediante la acción de bacterias aeróbicas como *Nitrosomonas* quienes se encargan de la transformar el amonio a nitrito, mientras que la

conversión de nitrito a nitrato es realizada por la acción de otro grupo de bacterias aeróbicas como las *Nitrobacter*.

Se puede observar que tanto en el estanque E1 como el E3 se incrementó la concentración de amonio, lo cual se puede atribuir a que el amonio es fijado por las arcillas como efecto de la mineralización de la materia orgánica presente en el suelo, siendo liberado posteriormente a la columna de agua para consumo de plantas acuáticas y fitoplancton (Celaya & Castellanos, 2011).

Por otro lado, el incremento de amonio que se observa en el E3 se puede especular que se debe a la época del año (octubre – enero), ya que por el incremento de escorrentía y la ubicación de la granja que limita con áreas netamente productivas de cultivos de banano y cacao, se arrastraron residuos de fertilizantes los cuales se incorporaron al agua siendo así disponibles para el fitoplancton (Correll, 1998).

### **7.3 Nitrito**

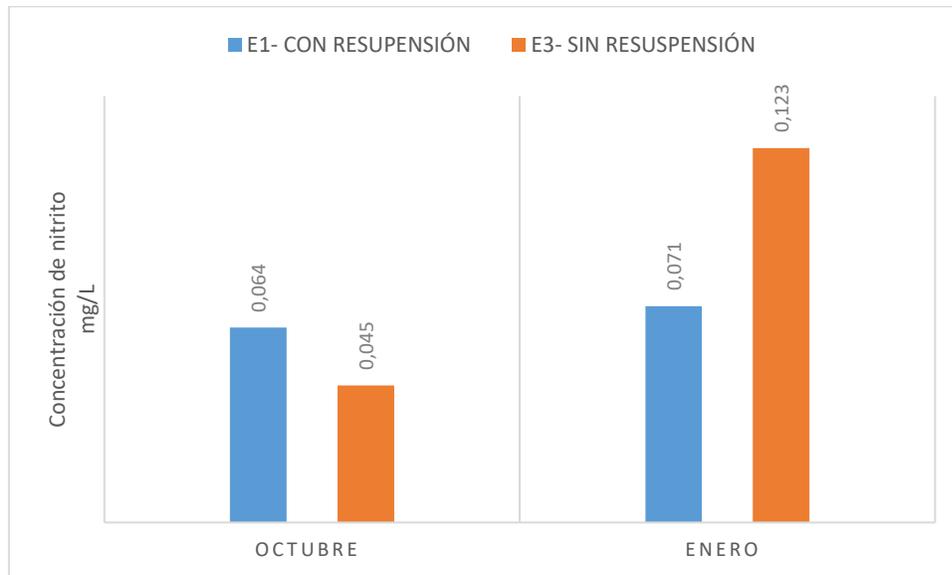
En la Fig. 6 se observa la concentración de nitrito en la columna de agua en dos estanques acuícolas, tanto con y sin resuspensión de sedimentos. En el estanque sin resuspensión el nitrito osciló en un rango de 0,045 a 0,123 mg/L, mientras que en el estanque con resuspensión el nitrito varió entre 0,064 a 0,071 mg/L.

Al comparar las concentraciones de nitrito se puede observar el incremento del mismo en la piscina con resuspensión fue de 110%, a diferencia de la piscina sin resuspensión en la cual el incremento fue del 273%.

El aumento de nitrito en el estanque E1 se debe a que los compuestos nitrogenados como el nitrito se originan mediante la descomposición y mineralización de la materia orgánica (González, 2015). Este autor realizó un ensayo en un estanque piscícola en el cual midió el efecto de la resuspensión de sedimentos en 48 horas, y obtuvo como resultados que los sólidos suspendidos liberan un 85% de nitrito y hasta un 5% de amonio en comparación a un

estanque piscícola sin resuspensión de sedimentos, señalando también que este 85% de nitrato se encuentra biodisponible para los productores primarios.

**Figura 6** Concentración de nitritos en estanques acuícolas para cultivo de *L. vannamei* con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.



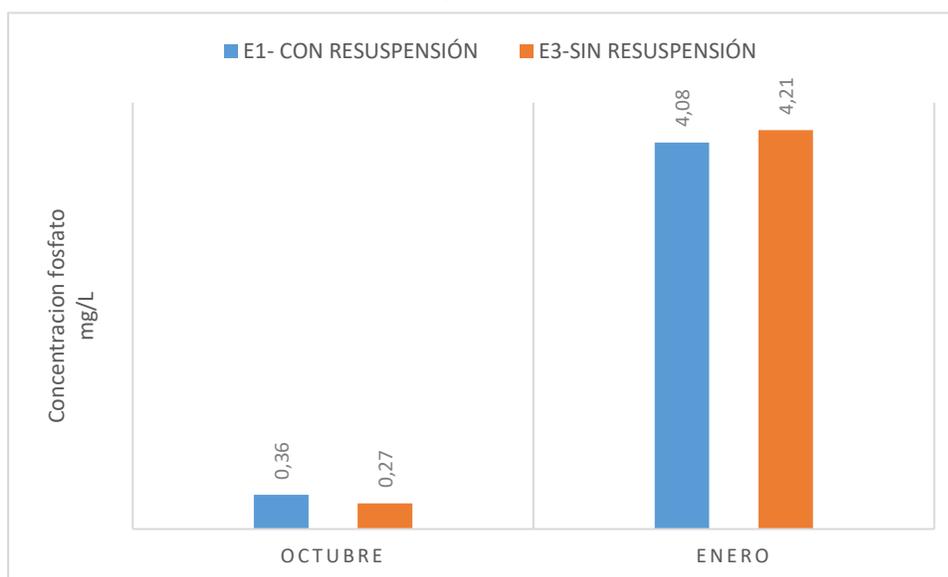
**Fuente:** Los autores

Por otra parte, en el estanque E3 se puede especular que el aumento de nitrato en la columna de agua se debe a las escorrentías por la temporada. En este contexto, Avnimelech (1999) señala que uno de los parámetros de calidad de agua es la presencia de nitrato en los estanques acuícolas y que el aumento de nitrato en columna de agua puede ser causado por el exceso de alimento y residuos de desechos orgánicos, señala también que las escorrentías arrastran nutrientes como el nitrógeno, el cual al entrar en contacto con el agua y la acción de bacterias aeróbicas se transforma en amonio, posteriormente en nitrato y finalmente en nitrato, los mismos que quedan suspendidos en la columna de agua para ser consumidos por el fitoplancton (a excepción del nitrato).

## 7.4 Fosfato

En la Fig. 7 se observa el incremento de fosfato presente en la columna de agua en dos estanques tanto con (E1) y sin resuspensión de sedimentos (E3). El estanque con resuspensión registró un incremento en la concentración de fosfato de 0,36 a 4,08 mg/L, mientras que el estanque E3 sin resuspensión el fosfato se incrementó de 0,27 a 4,21 mg/L.

**Figura 7** Concentración de fosfato (mg/L) en la columna de agua en estanques acuícolas para cultivo de *L. vannamei* con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.



**Fuente:** Los autores

Al comparar las concentraciones de fosfato el estanque E1 tuvo un incremento de 1133% mientras que en el E3 el incremento fue de 1559%.

Los sedimentos están compuestos por componentes alóctonos y autóctonos entre los cuales se encuentra el fósforo, nitrógeno y carbono, estos elementos forman parte de los componentes de la materia orgánica (Yossa, 2014). Por otro lado, Boyd y Queiroz (2014) señalan que el sedimento es considerado como uno de los principales factores asociados a la calidad del agua, debido que el sedimento es considerado como una interfase en la cual se produce el intercambio de nutrientes de la materia orgánica mediante la acción microbiana.

Los nutrientes presentes en el sedimento pueden ser captados de diferentes maneras, como por ejemplo mediante la adsorción de los nutrientes disueltos por las partículas de arcilla, mediante la precipitación de los compuestos y la sedimentación de los minerales, los mismos que por contacto con el agua se disuelven y liberan iones solubles. Otra manera de captación de nutrientes en el sedimento se da mediante la asociación con moléculas orgánicas e incorporación de minerales desdoblados por los microorganismos del fondo (Boyd, 2017).

El incremento del fosfato en el agua del estanque E1 puede ser atribuido a la riqueza de los nutrientes presentes en los sedimentos acuáticos, y a la interacción de la resuspensión de los sedimentos, debido que los suelos limosos y arcillosos por tener partículas más pequeñas presentan una mayor área de contacto absorben más cantidades de fosfato, los cuales se pueden liberar durante la resuspensión por la mineralización de estos (Ortiz & Obando, 2004). Por otro lado Boyd & Tucker (1998) señalan que, el aumento del fosfato también se puede atribuir por la lixiviación del suelo, transporte de nutrientes y movimiento de la capa superficial de la materia orgánica (capa floculante) en contacto con el flujo de agua.

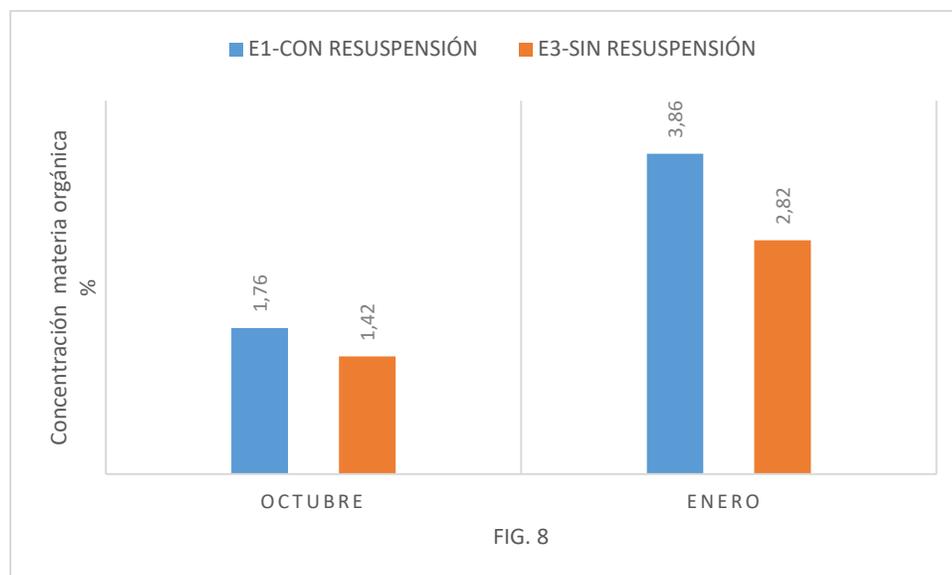
En cuanto al estanque E3 se puede especular que la principal razón del incremento de fosfato en la columna agua se debe a la porción de los nutrientes que no han sido asimilados ni tampoco consumidos y que, pasan a formar parte del proceso biogeoquímico del estanque en formas minerales pocos solubles, en el cual el fosfato por una parte se mantiene inmovilizado en el suelo por la acción de las bacterias, y la otra parte es expulsada a la columna de agua para ser absorbida por el fitoplancton (Saldias *et al.*, 2002). De manera similar, Barrow (1983) señala que la liberación del fosfato se da mediante un mecanismo de dos etapas uno rápido que puede tardar minutos y otro lento que tarda días en expulsar el fosfato a la columna de agua, lo cual hace que este mantenga su presencia mayor tiempo en el estanque.

## **7.5 Materia orgánica**

En la Fig. 8, se observa la cantidad de materia orgánica en los estanques con (E1) y sin resuspensión de sedimentos (E3). En el estanque sin resuspensión de sedimentos la materia

orgánica osciló en un rango de 1,42 a 2,82 % y en el estanque con resuspensión osciló en un rango de 1,76 a 3,86 %.

**Figura 8** Materia orgánica en estanques acuícolas para cultivo de *L. vannamei* con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.



**Fuente:** Los autores

Al comparar la cantidad de materia orgánica en ambos estanques, se observa que en el estanque con resuspensión la materia orgánica aumentó 219%, mientras que el incremento en el estanque sin resuspensión fue del 198%.

El incremento de la materia orgánica en el estanque con resuspensión E1 se puede aducir con el hecho que el día antes de la cosecha hubo mortalidad de los organismos cultivados, esto generó el incremento de la materia orgánica en el suelo del estanque acuícola. Mientras que el estanque sin resuspensión E3 también se observa un incremento de materia orgánica, mismo que también puede estar asociado a una masiva mortalidad en este estanque debido a la falta oxígeno disuelto reportada en las noches.

Boyd & Tucker (1998) señalan que un factor crítico dentro de un estanque acuícola es la falta de oxígeno disuelto disponible para la respiración del cuerpo de agua y los organismos que habitan en el mismo. El déficit de OD causa en los organismos acuáticos estrés fisiológico, e inclusive la muerte.

Tanto el estanque E1 con resuspensión como el estanque E3 mostraron incremento de la materia orgánica, se puede explicar que este incremento en ambos estanques se debe a la acumulación de restos de animales muertos y residuos de alimento no consumido, lo cual afecta significativamente las propiedades tanto físicas como químicas del suelo y, esto a su vez afecta la composición de la comunidad microbiana de los estanques de cultivo (Hu *et al.*, 2022). En este contexto, Boyd y Queiroz (2014) señalan también que el proceso de descomposición de la materia orgánica no es de periodos cortos, indicando que la materia orgánica refractaria se descompone más lentamente que la materia orgánica lábil, haciendo que este proceso sea más lento y favorezca el incremento de materia orgánica en el estanque por acumulación de residuos de desechos que se almacenan en los fondos.

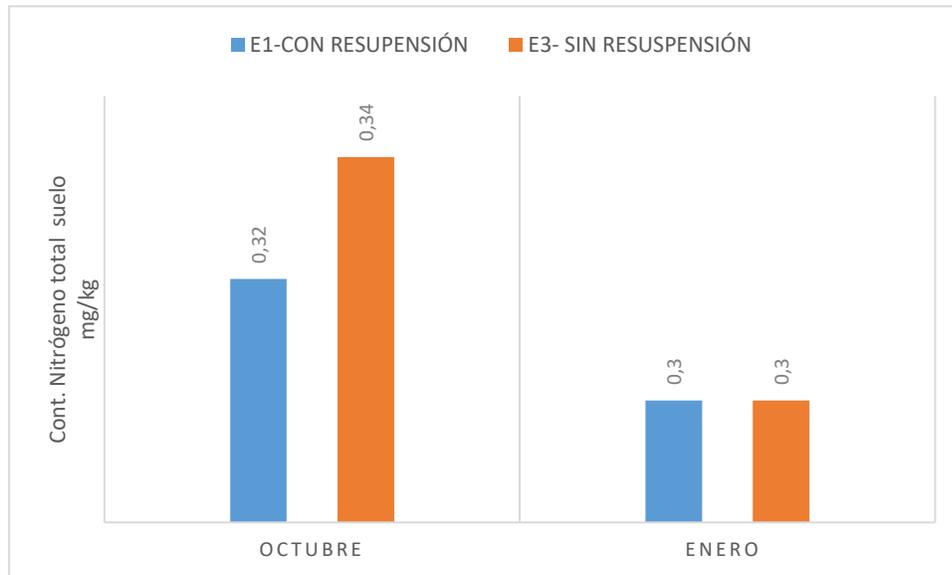
## **7.6 Nitrógeno total en el suelo**

En la Fig. 9, se observa la concentración de nitrógeno total en el suelo de un estanque acuícola con (E1) y sin resuspensión de sedimento (E3). En el estanque E1 los rangos de concentración de nitrógeno total oscilaron entre 0,30 y 0,32 mg/L mientras que en el estanque E3 osciló entre 0,30 a 0,34 mg/kg.

Al comparar el nitrógeno total en el suelo, se observa que en el estanque con resuspensión de sedimentos el nitrógeno total tuvo un descenso de 93,75% y en el estanque sin resuspensión se registró un descenso del 88%.

El nitrógeno total en suelo consiste de la relación de las formas orgánicas e inorgánicas de este nutriente, entre las cuales se encuentran: nitratos, nitritos, nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal, todas estas formas de nitrógenos son inofensivas para los organismos acuáticos a excepción del amonio no ionizado y el nitrito (Cerón & Ancizar, 2012).

**Figura 9** Nitrógeno total en el suelo en estanques acuícolas para cultivo de *L. vannamei* con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.



**Fuente:** Los autores

La mineralización es un proceso biogeoquímico en el cual intervienen microorganismos que están asociados a las materias orgánicas, estos microorganismos mediante procesos metabólicos en la presencia de oxígeno convierten el nitrógeno orgánico en inorgánico, contribuyendo a su biodisponibilidad, de manera que pueda ser liberado y utilizado por el fitoplancton (Monsalve *et al.*, 2017).

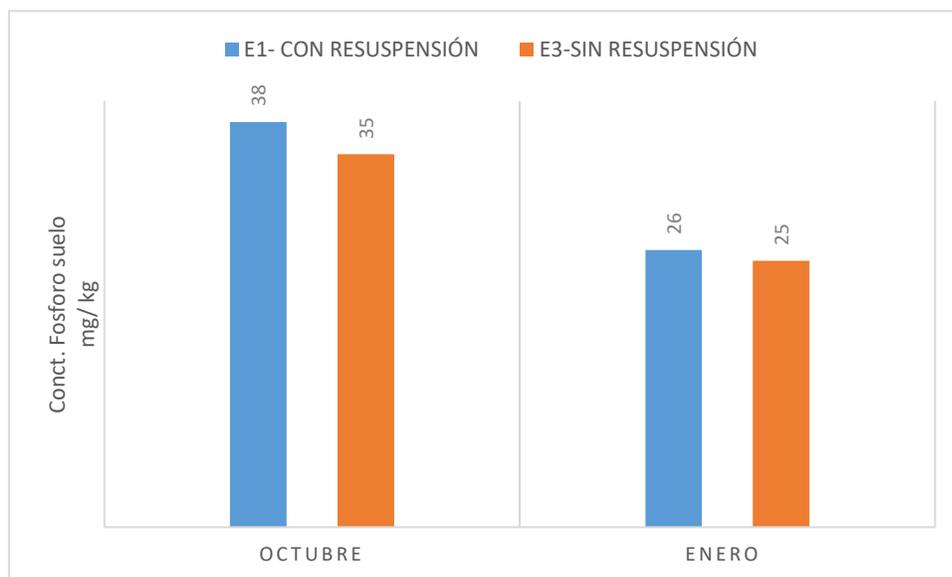
La disminución de nitrógeno total (NT) en los sedimentos acuáticos del estanque E1 puede ser justificado por los procesos de mineralización como respuesta a la resuspensión de sedimentos (Sigleo, 2019), ya que se obtiene la liberación de subproductos como el amonio y nitrito hacia la columna de agua, y que por el proceso de nitrificación los subproductos del NT se encuentren biodisponibles en el agua como se muestra en las Fig.5 y Fig. 6, de amonio y de nitrito, respectivamente.

Adicionalmente, la reducción de nitrógeno total observada en el suelo de los estanques E1 y E3 se puede presumir que se dio debido que en estos estanques se utilizó un conjunto de bacterias heterotróficas, encargadas del reciclaje del nitrógeno para mejorar la calidad del suelo. Un consorcio comercial de bacterias heterotróficas (*Bacillus subtilis* y *Bacillus licheniformes*) conocidas por su gran capacidad metabólica fue aplicado, las cuales se conoce que pueden catabolizar diferentes nutrientes, entre ellos el nitrógeno para aumentar la comunidad bacteriana (Pérez *et al.*, 2020). Por otro lado, Gallegos & García (2017) señalan que las bacterias heterotróficas como *B.subtilis* y *B. licheniformes* tienen una tasa de crecimiento máximo de hasta 5 veces más en comparación a otras bacterias, esto significa que pueden catabolizar más formas de nitrógeno y otros nutrientes indispensables para su crecimiento.

### 7.7 Fósforo total en suelo

En la Fig. 10, se observa la concentración de fósforo total en el suelo, en los estanques con y sin resuspensión de sedimentos. En el estanque con resuspensión E1 el fósforo total osciló en un rango de 26 a 38 mg/Kg y en la piscina sin resuspensión osciló en un rango de 25 a 35 mg/Kg.

**Figura 10** Fósforo total en suelo en estanques acuícolas para cultivo de *L. vannamei* con (E1) y sin resuspensión (E3) de sedimentos.



**Fuente:** Los autores

Al comparar la concentración de fósforo total en ambos estanques, se observa que el estanque con resuspensión E1 la concentración de fósforo disminuyó un 68% y el estanque E3 sin resuspensión también se encontró una disminución del 71%.

Hernández *et al.* (2004), señalan que el fósforo es uno de los macronutrientes más importantes que componen el sedimento acuícola, y es el macronutriente con características más interesantes debido que este es capturado por el sedimento de los estanques y es liberado por la acción microbiana, en el cual la mayor proporción es absorbida por el fitoplancton y el resto reacciona con diferentes elementos presentes en el cuerpo de agua y convierten en diferentes formas de fósforo.

La reducción del fósforo en el sedimento del estanque E1 se puede explicar como un efecto de la resuspensión de sedimentos, debido que los suelos de origen arcillosos y limosos presentan más concentraciones de fósforo total, estos tipos de suelo poseen partículas más pequeñas y pueden absorber mayores concentraciones de fósforo, pudiendo ser liberadas como efecto de la resuspensión del sedimento a la columna de agua como se muestra en la Fig.7, quedando así disponible para ser adsorbido por organismos fitoplanctónicos (González, 2015).

De igual manera, González (2015) señala que una de las principales fuentes de fósforo en los sedimentos se debe a los residuos vegetales y animales que se acumulan en los mismos, aquí se encuentran diferentes compuestos derivados del fósforo quienes aportan en la mineralización de la materia orgánica bajo la acción de organismos microbianos, quienes inmovilizan el fósforo en el sedimento para que pueda ser expulsado a la columna de agua y solo una pequeña parte se almacene en el mismo. Cerón & Ancizar (2012) señalan que cuando existe bajas concentraciones de macronutrientes como nitrógeno y fósforo en el sedimento, estos macronutrientes se encuentran en mayor concentración en la columna de agua, por tal razón se puede explicar que en el estanque E3 la concentración de fósforo en el

sedimento se redujo y por el contrario se incrementó en la columna de agua como puede observarse en la Fig. 7, de manera que se encontraba biodisponible para ser utilizado por el fitoplancton.

## 8 CONCLUSIONES

El efecto de la resuspensión de sedimentos en el estanque acuícola permitió tener un mejor conocimiento en cuanto a la dinámica de los nutrientes, a los ciclos biogeoquímicos y la interacción de estos en los suelos acuícolas y la columna de agua, además permitió comparar el efecto de la resuspensión de sedimentos en dos estanques acuícolas cultivados uno con (E1) y sin resuspensión (E3).

Según los resultados encontrados a lo largo de este trabajo investigativo se puede concluir lo siguiente:

1. La concentración de oxígeno disuelto como respuesta a la resuspensión de sedimentos se incrementó entre 200 y 300%, atribuido al contacto del mismo con la columna de agua, permitiendo la mineralización de la materia orgánica y por ende la liberación de los nutrientes del sedimento a la columna de agua, y con lo cual quedaron disponibles para ser utilizados por el fitoplancton, responsable en si por las concentraciones de OD observado.
2. Con respecto al efecto de la resuspensión de sedimentos en los parámetros de calidad de agua, el amonio presentó un incremento del 355% y 350% y el nitrito un incremento del 110% y el 273% en los estanques con y sin resuspensión, respectivamente. En ambos estanques existía la actividad de un consorcio de bacterias heterótrofas que influyeron en la mineralización de la materia orgánica presente en el suelo, lo cual permitió que los nutrientes sean liberados a la columna de agua. Adicionalmente a esto, el fosfato también presentó un incremento del 1133% y del 1559% en el estanque con y sin resuspensión, respectivamente. Condición que se puede atribuir al tipo de suelo de los estanques, ya que pueden absorber más cantidades de fosfatos para luego expulsarlos a la columna de agua.
3. La respuesta de la resuspensión en la concentración de la materia orgánica, nitrógeno y fósforo total en los sedimentos dieron como resultado un incremento en la materia orgánica del 219% en el estanque con resuspensión y en el estanque sin resuspensión el 198%, lo cual se atribuye a una masiva mortalidad reportada días previos a la toma de muestras. Por el contrario, la concentración de nitrógeno total y fósforo total se redujo en los estanques con y sin resuspensión debido a los procesos biogeoquímicos

de estos macronutrientes. Esto va de la mano con el hecho de que, la reducción de estos nutrientes en el sedimento favorece su incremento en la columna de agua.

## **9 RECOMENDACIONES**

- Monitorear el efecto de la resuspensión en los sistemas acuáticos, para identificar los fenómenos que ocurren dentro del cuerpo de agua y mantener parámetros óptimos de calidad de agua y así evitar impactos negativos en la salud del ecosistema acuático y de los organismos cultivados.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Acebedo, M. (2018). *Orientacion Estratégica para la toma de decisiones. Industria de la Acuicultura*. Escuela Superior Politecnica del Litoral, Informe Water Trends, Guayaquil. <https://docplayer.es/46195821-Estudios-industriales-orientacion-estrategica-para-la-toma-de-decisiones-industria-de-pesca.html>
- Aguilar, G., & Ramos, K. (2017). *Análisis de la factibilidad para la creación de una planta procesadora de cultivo acuicola en el canto de milagro sublinea de investigacion: emprendimiento e inovacion, produccion y desarrollo empresarial [tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]*. Repositorio institucional, Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40511>
- Asaoka, S., Azeem , W., Umehara, A., Takeda, K., Otani, S., Ohno, M., Fujitake, N., Sakugawa, H., & Okamura, H. (2020). Organic matter degradation characteristics of coastal marine sediments collected from the Seto Inland Sea, Japan. *Marine Chemistry*, 225, 103854. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2020.103854>
- Astudillo, J. (2021). *Causas y efectos de condiciones anóxicas en estanques de cultivo de Litopenaeus vannamei [Examen complexivo, Universidad Técnica de Machala]*. Repositorio institucional, Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16576>
- Avnimelech, Y. (1999). Carbon/ nitrogen ratio a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176, 227-235. [https://www.researchgate.net/publication/308052605\\_Biofloc\\_technology\\_A\\_practical\\_guide\\_book\\_The\\_World\\_Aquaculture\\_Society](https://www.researchgate.net/publication/308052605_Biofloc_technology_A_practical_guide_book_The_World_Aquaculture_Society)
- Baldock, J., Masiello, C., & Coberturas, J. (2004). Cycling and composition of organic matter in terrestrial and marine ecosystems. *Marine Chemistry*, 92(1-4), 39-64. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2004.06.016>

- Barman, D. (2020). Bioremediation of Waste Waters and Application in Aquaculture - A Mini Review. *Research Biotica*, 2(1), 20-25. <https://doi.org/10.54083/ResBio.2.1.2020.20-25>
- Barrezueta, C. (2021). *Uso de fertilizantes oránicos durante el ciclo de cultivo de camarón blanco Litopenaeus vannamei [Examen complejo, Universidad Técnica de Machala]*. Repositorio institucional, Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/16577/1/ECUACA-2021-IAC-DE00002.pdf>
- Barrow, N. (1983). Un modelo mecánico para describir la sorción y desorción de fosfato por el suelo. *Diario de la ciencia en el suelo*, 34(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1983.tb01068.x>
- Boyd, C. (1998). *Water Quality for Pond Aquaculture* (Vol. 43). Alabama: International center for Aquaculture and Aquatic Environment. <https://doi.org/http://soiltesting.tamu.edu/publications/AU43.pdf>
- Boyd, C. (2012). Acuaculture Pond Fertilization: Impacts of nutrient input on production,. En J. Wiley, & M. Charles (Ed.), *Aquaculture Pond Fertilization* (Vol. XV). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201813002>
- Boyd, C. (February de 2017). General relationship between water quality and aquaculture performance in Ponds. *Fish Diseases*, 2(1), 147-166. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804564-0.00006-5>
- Boyd, C. (17 de Agosto de 2020). *Descomposición de materia orgánica en sistemas acuícolas*. Global Seafood Alliance: <https://www.globalseafood.org/advocate/descomposicion-de-materia-organica-en-sistemas-acuicolas/>
- Boyd, C., & Queiroz, J. (2014). *The role and management of bottom soils in aquaculture ponds* (Vol. 2). Auburn University.

- Boyd, C., & Trucker, C. (1998). *Water quality and Aquaculture: Preliminary Considerations*. Boston : Publishers. [https://doi.org/doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3\\_1](https://doi.org/doi.org/10.1007/978-1-4615-5407-3_1)
- Budi, S., Sheikh, S., Razi, A., Fitri, I., Fauzul, M., 'Izzati, N., Ahmad, A., & Abu, H. (2021). Isolation and characterisation of biofloculant-producing bacteria from aquaculture effluent and its performance in treating high turbid water. *Journal of Water Process Engineering*, 42, 102194. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102194>
- Carranza, E. (Noviembre de 2020). Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal. *Revista científica y Tecnología*, 13(25), 55-65. <https://doi.org/10.5377/rct.v13i25.10412>
- Celaya, H., & Castellanos, A. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356. ISSN 0187-5779
- Celi, H. (2021). *Factores que contribuyen a la variación espacial de la concentración de oxígeno disuelto en estanques acuícolas en época fría. [Examen complejo, Universidad Técnica de Machala]*. Repositorio Institucional. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17512/1/ECUACA-2021-IAC-DE00011.pdf>
- Cerón, L., & Ancizar, F. (2012). *Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en los suelos* (Vol. 14). ISSN 0123-3475.
- Correll, D. (1998). The Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving Waters: A Review. *Journal of environmental quality*, 27(2), 261-266. <https://doi.org/10.2134/jeq1998.00472425002700020004x>
- De Oliveira, H. M. (2021). *Redução de matéria orgânica com aplicação de *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* em sedimentos provenientes de viveiro de policultivo de *Litopenaeus vannamei* com *Oreochromis niloticus* (Tesis de posgrado)*.

Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias.  
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/230891>

Drózdź, D., Malińska, K., Mazurkiewicz, J., Kacprzak, M., Mrowiec, M., Szczypiór, A., Postawa, P., & Stachowiak, T. (2020). Fish pond sediment from aquaculture production – current practices and the potential for nutrient recovery: a Review. *International Agrophysics*, 34(1), 33–41. <https://doi.org/10.31545/intagr/116394>

Durai, V., Alagappan, M., & Yuvarajan, P. (2021). Importance of Water Quality Management in Whiteleg Shrimp (*Penaeus vannamei*). *AgriCos e-Newsletter*, 02(9), 17-20. <https://doi.org/ISSn2582-704>

FAO. (30 de junio de 2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura; la sostenibilidad en acción*. Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación : <https://www.fao.org/publications/sofia/2020/es/>

Gabino, E. (2017). *Revisión acerca de la utilización de microorganismos en el mejoramiento en granjas camaroneras (Examen complejo)*. Machala, Ecuador: UTMACH, Facultad De ciencias Agropecuarias. [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10512/1/DE00002\\_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10512/1/DE00002_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf)

Gallegos, I., & García, D. (2017). Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena. *Tecnología y Ciencias del agua*, 8(1), 81-93. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v8n1/2007-2422-tca-8-01-00081.pdf>

García, S., Juárez, A., Olivier, B., Rivas, M., & Zeferino, J. (2018). Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benitez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistema*, 5(2), 135-155. <https://doi.org/ISSN: 2007-9559>

Gavino, E. (2017). *Revisión acerca de la utilización de microorganismos en el mejoramiento de sedimentos en granjas camaroneras [Examen complejo, Universidad Técnica*

de Machala]. Repositorio institucional, Machala.  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10512/1/DE00002\\_EXAMENC OMPLEXIVO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10512/1/DE00002_EXAMENC OMPLEXIVO.pdf)

González, H., Nimptsch, J., Giesecke, R., & Silva, N. (2019). Organic matter distribution, composition and its possible fate in the Chilean North-Patagonian estuarine system. *Science of the Total Environment*, 657, 1419-1431. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.445>

González, J. (2015). *Caracterización de sedimentos producidos en una explotación intensiva de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792 como medio para definir estrategias de uso y manejo sostenible de lagunas de oxidación en piscicultura [tesis de posgrado]*. Repositorio Universidad de La Salle, Bogotá. [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=maest\\_agr ociencias](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=maest_agr ociencias)

Guillen, J., Palanques, A., Gracia, V., & Sanchez, A. (2000). Resuspensión del sedimento en la plataforma interna del delta del Ebro. *GEOGACETA*, 1-33. <https://doi.org/d108034>

Habsay, M., Saad, A., & Saidy, D. (2021). Effects of different feeding levels and frequencies on growth performance, feed, utilization, survival and body composition of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and fisheries*, 25(3), 787-802. <https://doi.org/ISSN 1110-6161>

Hernandez, J. (2016). *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad con recambio de agua limitado*. Tesis de Maestría, Centro de investigaciones Biológicas del noroeste, La Paz. <http://dspace.cibnor.mx:8080/bitstream/handle/123456789/505>

Hernández, J. (2016). *Caracterización de la calidad de agua en un sistema intensivo de cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, en condiciones de alta salinidad*

*con recambio de agua limitado [tesis de posgrado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.]*. Repositorio Institucional. [https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/42/1/hernandez\\_j.pdf](https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/42/1/hernandez_j.pdf)

Hernandez, M., Camacho, V., & Carriquiry, J. (2004). Contribucion de la resuspension de sedimentos a los flujos no conservativos de fosforo inorganico disuelto en Bahia San Quintin, Baja California: Una estimacion experimental. *Ciencias Marinas*, 30(1). <https://doi.org/ISSN0185-3880>

Hu, A., Lv, M., Jian, S., & al, e. (2022). Effects of Reclamation of Aquaculture Ponds to Paddy Fields on Soil Chemical Properties and Bacterial Communities in Eastern China Coastal Zone. *Sustainability*, 14(1613). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su14031613>

Hou, D., Zhou, R., Zeng, S., Wei, D., Deng, X., Xing, C., Weng, S., He, J., & Huang, Z. (2021). Stochastic processes shape the bacterial community assembly in shrimp cultural pond sediments. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 105, 5013–5022. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11378-9>

Kassila, J. (MARZO de 2003). Effects of lining and drying on the chemical composition of sediments and influence of organic carbon on carp growth in aquaculture ponds. *Aquacultura Research*, 34(4), 333-343. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00822.x>

Lanche, J. (2022). *Identificación de las alteraciones fisiológicas en Litopenaeus vannamei producidas por hábitats contaminados con metales pesados [Examen complejo, Universidad Técnica de Machala]*. Repositorio institucional, Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18553>

Lawson, R., & Anderson, M. (Noviembre de 2007). Stratification and mixing in Lake Elsinore, California: An assessment of axial flow pumps for improving water quality

in a shallow eutrophic lake. *Water Research*, 41(19), 4457-4467.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.06.004>

Merchán, F. (2017). *Relación de la materia orgánica con la comunidad bacteriana en suelos de piscinas de cultivo de Litopenaeus vannamei [Examen complejo, Universidad Técnica de Machala]*. Repositorio institucional.  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11353/1/DE00015>

Miranda, I., Valles, J., Sánchez, R., & Álvarez, Z. (2010). Cultivo de camarón marino *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) en agua dulce. *Revista Científica FCV-LUZ*, 20(4), 339-346. <https://doi.org/ISSN0798-2259>

Moncayo, D. (2020). *Medición de variables zootécnicas en el cultivo de camarón blanco (Litopenaeus vannamei), alimentados con dietas balanceadas con inclusión de Espirulina [tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]*. Repositorio institucional, Quevedo.

Monsalve, Ó., Gutiérrez, J., & Cardona, W. (Enero de 2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1).  
<https://doi.org/10.17584/rcch.2017v11i1.5663>

Moroyoqui, L., Flores, F., & Hernandez, G. (2012). Remoción de nutrientes con dos especies de mangle (*Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*) en estanques experimentales de cultivo de camarón (*Litopenaeus vannamei*). *Revista de ciencias marinas*, 38(2), 333-346. <https://doi.org/ISSN0185-3880>

Nayak, S. K. (2020). Multifaceted applications of probiotic *Bacillus* species in aquaculture with special reference to *Bacillus subtilis*. *Review in Aquaculture*, 13(2), 862-906.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/raq.12503>

Nindarwi, D., Masithah, E., & Zulian, D. (6 de Octubre de 2018). The dynamic relationship of phytoplankton abundance and diversity in relation to white shrimp (*Litopenaeus*

*vannamei*) feed consumption in intensive ponds. *Earth and Environmental Science*, 236(6). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012072>

Orellana, C. (Diciembre de 2017). Incidencia de parásitos y bacterias del genero vibrio en el cultivo de camarón marino desarrollados en cooperativas camaroneras del municio de jiquilisco departamenteo de usulután. *Revista Tecnológica*(10), 27-31.

Ortiz, M., & Obando, I. (2004). Contribución de la resuspensión de sedimentos a los flujos no conservativos de fósforo inorgánico disuelto en Bahía San Quintín, Baja California: Una estimación experimental. *Ciencias marinas*, 30, 4-14.

Paredes, F. (2004). Acción de los antibióticos. Perspectiva de la medicación antimicrobiana. *OFFARM*, 23(3), 116-124.

Pérez, M., Alvarez, Y., Soriano, J., & Pérez, M. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una revisión. *Hidrobiológica*, 30(1), 93-105. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2020v30n1/Perez>

Robothan, J., Old, G., Rameshwaran, P., Sear, D., Gasca, D., Bishop, J., & Old, J. M. (30 de April de 2021). Sediment and Nutrient Retention in Ponds on an Agricultural Stream: Evaluating Effectiveness for Diffuse Pollution Mitigation. *Mitigating the Impacts of Agricultural Water Pollution on River Ecology*), 13(12). <https://doi.org/10.3390/w13121640>

Romero, B., & Solórzano , G. (2022). Vínculo universidad-empresa en el análisis químico para la producción de camarón en el Ecuador. *Maestro y Sociead*, 19(2), 939-592.

Rosamma, P., & Swapna, A. (2006). Bioremediation in Shrimp Culture Systems. *NAGA, WorldFish Center Quarterly*, 29(3 & 4), 62-66.

Sacasqui, M. (2017). *Control avanzado sobre un sistema de aireación durante el cultivo de langostinos (Litopenaeus vannamei), usando modelos matemáticos para la*

*predicción de oxígeno disuelto en acuicultura [tesis de posgrado, Universidad de Piura]. Repositorio institucional. Piura: Universidad de Piura.*

Saldias, C., Sonnenholzner, S., & Massaut, L. (2002). Balance de nitrógeno y fósforo en estanques de producción de camarón en Ecuador. *Publicaciones - Cenaim*, 8(1).

Sangwan, S., & Dukare, A. (2018). Microbe-Mediated Bioremediation: An Eco-friendly Sustainable Approach for Environmental Clean-Up. In T. Adhya, B. Lal, B. Mohapatra, D. Paul, & S. Das, *Advances in Soil Microbiology: Recent Trends and Future Prospects. Microorganisms for Sustainability*, (pp. 145–163). Singapore: Springer.

Sigleo, A. (2019). Denitrification rates across a temperate North Pacific estuary, Yaquina Bay, Oregon. *Estuaries Coast*, 42(3), 655-664. <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00516-2>

Stefanescu, I. A. (2015). Bioaccumulation of heavy metals by *Bacillus megaterium* from phosphogypsum waste. *Scientific Study & Research*, 16(1), 93 – 97. <https://doi.org/ISSN1582-540X>

Sun, G., Wan, J., Sun, Y., Li, H., Chang, C., & Wang, Y. (2019). Enhanced removal of nitrate and refractory organic pollutants from bio-treated coking wastewater using corncobs as carbon sources and biofilm carriers. *Chemosphere*, 237, 124520. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124520>

Tomperi, J., Isokangas, A., Tuuttila, T., & Paavola, M. (2020). Functionality of turbidity measurement under changing water quality and environmental conditions. *Environmental Technology*, 43(7), 1093-1101. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1815860>

Toro, W. (2022). *Influencia del pH sobre los parámetros abióticos en estanques de cultivo de camarón blanco del pacífico *Litopenaeus vannamei* [Exámen complejo,*

*Universidad Técnica de Machala*. Repositorio institucional, Machala.  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/18558>

- Trivedi, P., Leach, J., Tringe, S., Sa, T., & Singh, B. (2020). Plantmicrobiome interactions: from community assembly to plant health. *Nature Reviews Microbiology*, *18*, 607–621. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0412-1>
- Vásquez, D. (2022). *Rendimiento de camarón blanco Litopennaeus vannamei en etapa de engorde mediante la utilización de alimentadores automáticos en Ecuador [Examen complejo, Universidad Técnica de Machala]*. Repositorio institucional, Machala.
- Vega, M. (2021). *Efecto del CaCO<sub>3</sub> en las condiciones del sedimento de estanques para cultivo extensivo de camarón Litopennaeus vannamei [Examen complejo, Universidad Técnica de Machala]*. Repositorio institucional, Machala.
- Wang, X., Kong, F., Li, Y., Li, Q., Wang, C., Zhang, J., & Xi, M. (2021). Effect of simulated tidal cycle on DOM, nitrogen and phosphorus release from sediment in Dagu River-Jiaozhou Bay estuary. *Science of The Total Environment*, *20*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147158>
- Wayne, R., Robarge, W., Osmond, D., & Heitman, J. (2019). Comparing four methods of measuring soil Organic Matter. *Soil Science Society of America Journal*, *83*, 466-474. <https://doi.org/10.2136/sssaj2018.03.0105>
- Yossa, M. (Diciembre de 2014). Composición y dinámica de los sedimentos en estanques de cachama blanca y tilapia roja. *Orinoquia*, *18*(1), 286-293. <https://doi.org/ISSN-E0121-3709>

# 11 ANEXOS

## Anexo A Análisis de sedimento



**NEMALAB S.A.**

En convenio con el MAG - PRODE y AGEAP

OFICINAS CENTRALES

KM 1 1/2 (ANTIGUA VIA FERREA) S/N Y GRUPO BOLIVAR, EL CAMBIO - MACHALA, EL ORO Tel. (593)

07/02/2023

Pág: 1 / 1

Cliente: ARIAS R.FRANCO /ZAMBRANO M.ANA PAULA

Remitente: ARIAS FRANCO/ZAMBRANO ANA

Propiedad: LANGOCAMPO(FRANCO ARIAS)

Localización: V.BALOSA

Sitio

Parroquia

MACHALA  
Cantón

EL ORO  
Provincia

Documento No: 00059236

Fecha de Muestreo: 06/01/2023

Fecha de Ingreso: 23/01/2023

Fecha de Salida: 04/02/2023

Resultados e Interpretación de: ANALISIS DE SUELO CAMARONERA + TEXTURA														
Cód. Muestra	Nombre de Muestra	pH	M.O.	N Total	C	C/N	NH4	P	S	NO2	NO3	Fe Total	P Total	C.I.C.
			%			Relac.								
50161	MUESTRA# 1	7.9	1.76	0.32	1.02	3.19	21.00	38.00	86.6	--	--	--	--	22.20
50162	MUESTRA# 2	8.0	3.86	0.30	2.24	7.47	23.00	26.00	243.3	--	--	--	--	39.20
50163	MUESTRA# 3	8.0	1.42	0.34	0.82	2.41	12.00	27.00	89.4	--	--	--	--	34.80



Interpretación:		Requerimientos de Cal		Interpretación C/N:	
pH = 7.5 - 8.5	M.O.	pH	Cal Kg/Ha	Excesiva liberación de Nitrógeno	< 10
M.O. = 2.5 - 5.0 %	Bajo = < 2 %	Menos de 5	3000	Normal liberación de Nitrógeno	10-12
N Total = 0.1 - 0.2 %	Medio = 2-4 %	5 - 6	2000	Escasa liberación de Nitrógeno	12-15
Fósforo = 18.0 - 25.0	Alto = > 4 %	6 - 6.5	1000	Muy escasa liberación de Nitrógeno	>15
		6.5 - 7	300 - 500	C/N	8-12

Estos resultados pueden ser sujetos de comparación, siempre y cuando se utilice la misma metodología utilizada en este Laboratorio.  
Esta Hoja de Resultados es válida sólo con firma y sello en original.

BIOQ. MARTHA MOREIRA I.  
Jefe de Laboratorio

Gerente Técnico

"Análisis que hacen la diferencia"

F01013R

## Anexo B Análisis de calidad de Agua Enero



Preparado por: Rossana Mejía Sánchez  
Referencia interna: ORN-10103  
Fecha de Llegada: 02-enero-2023  
Fecha de envío: 04-enero-2023

### LABORATORIO DE ENSAYO DE SERVICIOS ACUÍCOLAS GISIS S.A.

#### INFORME DE RESULTADOS

Cliente: Langocampa  
Direccion o Zona: El\_Oro\_2/Balosa  
Solicitado por: Carlos Pinzon  
Realizado por: Skretting

Fecha de muestreo: 02-enero-2023  
Lugar de muestreo: Piscinas Acuicolas

#### Datos de muestra:

Tipo:	Agua
Análisis solicitado:	Físico Químico de Agua
Cantidad:	4
Envase:	Envases plásticos cerrados y preservados al frío.

#### Resultados:

Parametros		Tipo de muestra	pH	Alcalinidad	Nitrito	Amonio	Fosfato	Salinidad	A. Toxico
Id de Solicitud	Códigos de muestra		7,5 - 8	80 - 200	<0,1	<1	0,4 - 0,6	0 - 45	<0,1
64837	Ps 01	Salida	8.60	140	0.071	0.32	4.08	22	0.05728
64838	Ps 02	Salida	8.63	170	0.090	0.14	0.91	22	0.02506
64839	Ps 03	Salida	8.45	184	0.123	0.14	4.21	22	0.02506
64840	Ps 04	Salida	8.40	160	0.067	0.12	1.23	22	0.02148

\*SN: No Solicitado

www.skretting.ec



## Anexo C Análisis de calidad de agua Octubre



Preparado por: Rossana Mejía Sánchez  
Referencia Interna: QRN-7990  
Fecha de Llegada: 18-octubre-2022  
Fecha de envío: 18-octubre-2022

### LABORATORIO DE ENSAYO DE SERVICIOS ACUÍCOLAS GISIS S.A.

#### INFORME DE RESULTADOS

Cliente: Langocampa  
Direccion o Zona: El\_Oro\_2/Balosa  
Solicitado por: Carlos Pinzon  
Realizado por: Skretting

Fecha de muestreo: 17-octubre-2022  
Lugar de muestreo: Piscinas Acuicolas

#### Datos de muestra:

Tipo:	Agua
Análisis solicitado:	Físico Químico de Agua
Cantidad:	2
Envase:	Envases plásticos cerrados y preservados al frío.

#### Resultados:

Parametros		Tipo de muestra	pH	Alcalinidad	Nitrato	Nitrato	Amonio	Fosfato	Salinidad	A. Tóxico
Id de Solicitud	Códigos de muestra		7.5 - 8	80 - 200	<0.1	0.2 - 10	<1	0.4 - 0.6	0 - 45	<0.1
56114	01	Salida	8.12	152	0.064	2.2	0.09	0.36	23	0.001
56115	Ps 03	Salida	8.08	148	0.045	1.7	0.04	0.027	25	0.001

\*SN: No Solicitado



**Anexo D** Toma de concentración oxígeno disuelto E3



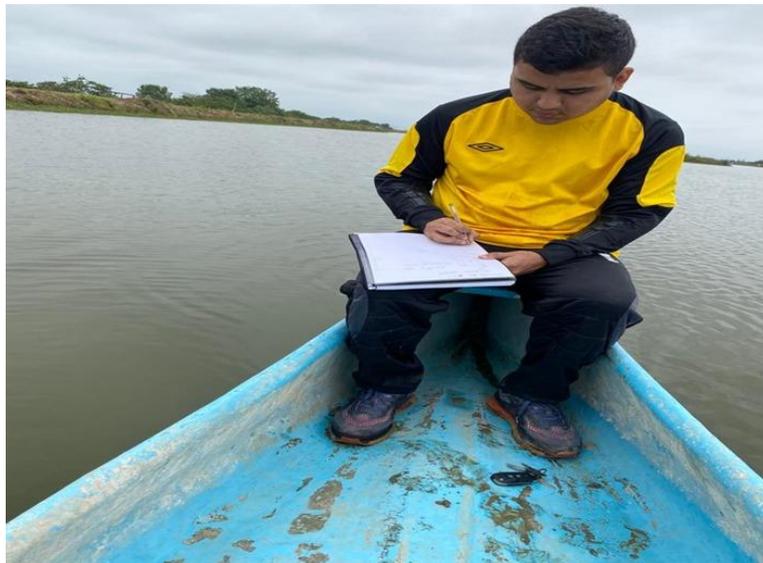
**Anexo E** Toma de concentración de oxígeno disuelto estanque (E3)



**Anexo F** Resuspensión de sedimento estanque E1



**Anexo G** Toma de parámetros de calidad de agua (E3)



**Tabla 1** Muestra de pH

FECHA	ESTANQUES		
	E1-AR	E1-DR	E3-SR
06/11/2022	7,3	7,3	7,5
20/11/2022	7,2	7,8	7,2
04/12/2022	7,4	7,9	7,6
18/12/2022	7,2	7,9	7,4

**Fuente:** Los autores

**Tabla 3** Concentración de oxígeno disuelto compuertas de entrada

Fecha	Fondo	mitad	Superficie
06-11-2022	12.2	14.2	15.2
20-11-2022	14.2	15.9	15.8
04-12-2022	12.4	14.3	13.2
18-12-2022	14.20	14	14

**Fuente:** Los autores

**Tabla 4** Concentración de oxígeno disuelto medio del estanque

Fecha	Fondo	mitad	Superficie
06-11-2022	15.6	14.3	12.3
20-11-2022	15.4	15.4	12.4
04-12-2022	14.6	14.3	14.9
18-12-2022	14.3	14.2	14.2

**Fuente:** Los autores

**Tabla 5** Concentración de oxígeno disuelto compuerta de salida.

Fecha	Fondo	mitad	Superficie
06-11-2022	15.5	15.4	15.4
20-11-2022	15.4	15.2	15
04-12-2022	14.6	14.2	14.1
18-12-2022	14.2	14.2	14.2

Fuente: Los autores