



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Evaluación de la concentración de amonio y nitrito en el agua de un sistema  
intensivo de cultivo de camarón**

**DE LA ROSA CALLE CESAR ERNESTO  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**Evaluación de la concentración de amonio y nitrito en el agua de un sistema intensivo de cultivo de camarón**

**DE LA ROSA CALLE CESAR ERNESTO  
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE ACUICULTURA**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**Evaluación de la concentración de amonio y nitrito en el agua de  
un sistema intensivo de cultivo de camarón**

**DE LA ROSA CALLE CESAR ERNESTO  
INGENIERO ACUICOLA**

**VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON**

**MACHALA  
2023**

# VARIABILIDAD DE LAS CONCENTRACIONES DE AMONIO Y NITRITO EN EL AGUA DE UN SISTEMA INTENSIVO DE CULTIVO DE CAMARON

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

8%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

2%

★ Submitted to Universidad Técnica de Machala

Trabajo del estudiante

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



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

El que suscribe, DE LA ROSA CALLE CESAR ERNESTO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Evaluación de la concentración de amonio y nitrito en el agua de un sistema intensivo de cultivo de camarón, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

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

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

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

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



DE LA ROSA CALLE CESAR ERNESTO

0706182144

## ***DEDICATORIA***

Quiero dedicar mi tesis primero a Jehová Dios como ente primordial ante las decisiones, acciones, pensamientos, alegrías y emociones, ya que gracias a mi padre por medio de su bendición estoy logrando culminar una etapa más.

También dedicarla a mis padres ya que son el segundo pilar fundamental para lograr esta meta, como apoyo sentimental y económico. Como acción honorífica a mis dos hermanos, para enseñarles que, con esfuerzo, dedicación, se puede lograr muchas cosas.

A mis queridos abuelos maternos y paternos, tíos en general que siempre han confiado en mí y demostrarles mi esfuerzo.

Y como no olvidarme de mi querido Tío Ítalo Jorge que ante cualquier circunstancia siempre estuvo el en mi mente, y sé que estaría muy orgulloso de mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a la empresa HOSKIMAR por la ayuda y facilidad de laborar en su camaronera, gracias al Ingeniero Acuicultor Roy Guillen por facilitarme varios instrumentos y la utilización de los mismos, también agradezco a mi Tutor el Doctor. Patricio Colon Velázquez. PhD. Por las guías realizadas a lo largo de la elaboración de mi documento.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>2. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	8
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	9
<b>4. OBJETIVOS</b> .....	10
4.1 Objetivo general .....	10
<b>5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	11
5.1 Biología de <i>Litopenaeus vannamei</i> y su taxonomía .....	11
5.2 El Ecuador y su cultivo de camarones .....	12
5.2.1 Sistemas que implementa el Ecuador para el cultivo de camarón .....	13
5.2.2 El sistema extensivo .....	14
5.2.3 El sistema semi-intensivo.....	14
5.2.4 El sistema intensivo.....	14
5.3 Alimentación en el cultivo de camarón .....	15
5.4 Fertilización en los estanques acuícolas .....	16
5.5 Producción acuícola y calidad de agua.....	16
5.6 Parámetros de la calidad de agua en cultivo de camarón.....	16
5.6.1 Temperatura .....	17
5.7 PARÁMETROS QUÍMICOS DEL CULTIVO DE CAMARÓN.....	18
5.7.1 Oxígeno disuelto .....	18
5.7.2 pH.....	18
5.7.3 Salinidad .....	19
5.7.4 Amoníaco ( $NH_3$ ).....	20
5.7.5 Nitritos y ( $NO_2$ ) y nitratos ( $NO_3$ ) .....	21
5.8 DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN ESTANQUES ACUICOLAS.....	22
5.8.1 Disponibilidad de nitrógeno .....	22
5.8.2 Ciclo del nitrógeno presente en los estanques acuícolas .....	23
5.9 Nitrificación .....	24
5.10 Desnitrificación .....	24
5.11 COMPUESTOS NITROGENADOS QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE AGUA .....	25
5.11.1 Nitrógeno amoniacal total (TAN) .....	25
5.11.2 Nitritos ( $NO_2$ ) .....	25
5.11.3 Nitratos ( $NO_3$ ) .....	25
5.12 Los animales acuáticos y los efectos del amoníaco.....	26
5.12.1 Efecto del amoníaco en camarones .....	26



5.12.2	Formas de controlar el amonio en estanques acuícolas .....	27
5.13	Estanques acuícolas y las formas de remoción del amoniaco .....	29
5.14	<i>La acuicultura y biorremediación</i> .....	30
5.14.1	Uso de la biorremediación en estanques acuícolas .....	30
5.14.2	Biorremediación de residuos orgánicos .....	31
5.14.3	Biorremediación de compuestos nitrogenados .....	31
5.15	Probióticos .....	31
5.15.1	Probióticos en acuicultura .....	32
5.15.2	Métodos de aplicación de los probióticos.....	33
5.16	Rol de los microorganismos en el proceso de la biorremediación .....	33
5.16.1	Tipos de microorganismos utilizados en los procesos de biorremediación.....	34
5.16.2	Levaduras .....	35
5.16.3	Enzimas .....	35
5.17	MECANISMOS DE ACCIÓN .....	36
5.17.1	Influencia y efectos en la calidad de agua .....	36
<b>6.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	<b>38</b>
6.1	SITIO DE ESTUDIO .....	38
6.2	CALIDAD DEL AGUA DE POZO .....	38
6.2.1	Manejo del sistema .....	38
6.3	BATIMETRIA .....	39
6.4	PLAN DE MANEJO DEL AGUA .....	41
6.4.1	MUESTREO Y METODOS ANALITICOS.....	41
6.4.2	Evaluación de desempeño productivo .....	42
6.5	FORMULAS DE LA TASA DECRECIMIENTO.....	42
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>43</b>
<b>8.</b>	<b>DISCUSION</b> .....	<b>48</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	<b>51</b>
<b>10.</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>52</b>

## Resumen

El cultivo de camarón en el Ecuador es uno de los principales rubros no petroleros de importancia y exportación. La intensificación del cultivo de camarón conlleva una gran carga de materia orgánica y presencia de compuestos altos en nitrógeno que afectan el sistema y la calidad y salud del camarón. En el presente trabajo se analizaron parámetros como amonio, nitrito, temperatura, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno en 3 estanques semi-intensivos de camarón. El análisis del agua se realizó durante 53 días a 0,5 ups de salinidad. En todos los estanques, el amonio y el nitrito aumentaron después de alcanzar el día 19 del período de cultivo. Las concentraciones de nitrito y amonio de los primeros 19 días no superan los valores de 0,06 mg/L de amonio y 0,05 mg/L de nitrito. A partir del día 20, los valores de amonio aumentan de 0,1 a 2,5 mg/L y los de nitritos de 0,1 a 1,98 mg/L respectivamente. El oxígeno disuelto siempre estuvo por encima de 4 mg/L. Las concentraciones de amonio y nitrito en el estanque 1 estuvieron entre 0.01 a 2.06 mg/L de amonio y 0.01 a 1.53 mg/L de nitrito con una supervivencia del 72% respectivamente. Las concentraciones de amonio y nitrito en el estanque 2 estuvieron entre 0,01 y 2,06 mg/L de amonio y 0,01 a 1,53 mg/L de nitrito con una supervivencia del 78% respectivamente. Las concentraciones de amonio y nitrito en el estanque 3 estuvieron entre 0,01 y 2,06 mg/L de amonio y 0,01 a 1,53 mg/L de nitrito con una supervivencia del 85% respectivamente. La variabilidad de las concentraciones de amonio y nitrito en el agua fue en orden de mayor a menor para los estanques 1,2 y 3 respectivamente. La temperatura en todos los tanques fluctuó entre 28 y 34 grados centígrados, lo que pudo haber afectado la fisiología de los camarones en los días de altas temperaturas. El pH se mantuvo por debajo de 8, lo que demuestra que el manejo del agua fue bastante aceptable para mantener este parámetro. Según este estudio exploratorio, en los sistemas de cultivo intensivo de camarón *L. vannamei*, las concentraciones de amonio y nitrito en el agua tienen tendencia a incrementarse en el tiempo, pudiendo ser causa de mortalidades.

## ABSTRACT

Shrimp farming in Ecuador is one of the main important and main non-oil items in export. The intensification of shrimp culture leads to a large load of organic matter and presence of high nitrogenous compounds that affect the system and the quality and health of the shrimp. In the present work, parameters such as ammonium, nitrite, temperature, dissolved oxygen and hydrogen potential were analyzed in 3 semi-intensive shrimp ponds. The water analysis was carried during 53-day at 0.5 ups salinity. In all ponds, ammonium and nitrite increased after reaching day 19 of culture period. The nitrite and ammonium concentrations of the first 19 days do not exceed the values of 0.06 mg/L of ammonium and 0.05 mg/L of nitrite. From day 20 onwards, ammonium values increase from 0.1 to 2.5 mg/L and nitrites from 0.1 to 1.98 mg/L respectively. Dissolved oxygen was always above 4 mg/L. The concentrations of ammonium and nitrite in pond # 1 were between 0.01 to 2.06 mg/L of ammonium and 0.01 to 1.53 mg/L of nitrite with a survival of 72% respectively. The concentrations of ammonium and nitrite in pond #2 were between 0.01 to 2.06 mg/L of ammonium and 0.01 to 1.53 mg/L of nitrite with a survival of 78% respectively. The concentrations of ammonium and nitrite in pond #3 were between 0.01 to 2.06 mg/L of ammonium and 0.01 to 1.53 mg/L of nitrite with a survival of 85% respectively. The variability of ammonium and nitrite concentrations in the water was in order from highest to lowest for ponds 1, 2 and 3 respectively. The temperature in all the tanks fluctuated between 28 to 34 degrees Celsius, which may have affected the physiology of the shrimp on days of high temperatures. The pH remained below 8, which shows that water management was quite acceptable in maintaining this parameter. According to this exploratory study, in intensive *L. vannamei* shrimp culture systems, the concentrations of ammonium and nitrite in the water tend to increase over time, which could be the cause of mortalities.

## 1. INTRODUCCIÓN

Historicamente, partir del 2017 la industria camaronera en el Ecuador se ha posicionado como un elemento fundamental y primordial, lo cual ocurre por demanda de mercado internacional. Las nuevas prácticas de cultivo que se lleva en el Ecuador son las llamadas cultivos tierras adentro y que se conducen con la utilización de agua de pozo (Nunes y Lopez 2000). En sistemas de cultivo extensivos, las concentraciones de nutrientes nitrogenados son relativamente bajos con concentraciones tolerables para *L vannamei*. (Velasquez et al., 2023). Pero, cuando los camarones están presentes en poblaciones densas en sistemas intensivos requieren de un mayor control y mejores estándares de calidad a diferencia de cultivos extensivos.

Las dimensiones de los estanques de cultivos intensivos en Ecuador son de alrededor de 0,5 hectáreas, teniendo como factor clave el intenso suministro de alimento que se lo raciona hasta 5 veces por día y da como resultado la creación de materia orgánica y a su vez elevaciones de compuestos nitrogenados y gran cantidad de lodo en el fondo.

Una de las principales dificultades que surge de los sistemas acuícolas de alta densidad se deriva en la rápida acumulación de amoníaco en el agua. El problema es causado principalmente por la excreción del camarón y la descomposición de alimentos para los camarones y que ocasionalmente no es consumido. Por esta razón, en el presente trabajo se analizan dos variables, nitrito y amonio en el agua de sistemas intensivos de cultivo de camaron de la Provincia de El Oro, con la finalidad de obtener informacion técnica sobre las concentraciones a las cuales se dispersan estas variables de calidad de agua.

## 2. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

Para la producción de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, el agua es uno de los principales recursos indispensables dentro de los diferentes sistemas de cultivo, siendo así, un factor relevante en dichos sistemas ya que se necesita de una buena calidad de agua para generar condiciones necesarias para el cultivo del camarón y con ello obtener condiciones para desarrollarse adecuadamente sin tener la presencia de alguna alteración en el medio.

Es cierto que, a medida que se intensifica el sistema, se introduce mayor cantidad de alimento balanceado debido a la alta población de camarón existente, lo cual, genera mayor cantidad de compuestos nitrogenados y desechos producto de la excreción de los animales dando como resultados compuestos tóxicos, siendo el amonio el más letal, llegando a causar la muerte por intoxicación a los camarones cuando se presenta en altas concentraciones.

Ya que las concentraciones de nitrito, amonio y otros metabolitos tóxicos varían según a ciertos parámetros físicos - químicos y las condiciones del medio, por ende, resultan de vital importancia mantener controlados los parámetros físico- químicos del agua debido a que estos tiene incidencia directa sobre procesos fisiológicos de los organismos en producción.

En vista que en condicones de cultivo intensivo de la region sur del Ecuador, aún no se han reportado los valores de amonio y nitrito, se plantea la necesidad de resolver el problema de la falta de información y su análisis como contribución al sector sector productivo. Esta información puede ser una valiosa herramienta de base para futuras investigaciones.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El cultivo de camarón en sistemas de agua dulce en el Ecuador esta en continuo apogeo y es necesario estudiar la calidad del agua desde diferentes enfoques. Dado que existe muy poca información de campo sobre los valores de amonio y nitrito en el agua de cultivo , se justifica realizar un seguimiento de estructuras camaroneras semi intensivas de baja salinidad para entender como fluctuan estos parámetros en estas condiciones de cultivo. Los datos proporcionados en este trabajo son utiles para mejor entendimiento de la calidad del agua de sistemas de cultivo de camarón que se desarrollan en la Provincia de El Oro, cuya información y análisis puede permitir mejorar el manejo de los estanques en producción.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Determinar las variaciones de amonio y nitritos que suceden en el cultivo intensivo de camarón *L vannamei*.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Determinar las concentraciones de amonio y nitrito en el agua durante el tiempo de cultivo de camarón.
- Medir la concentración de amonio y nitrito en el agua durante el tiempo de cultivo de camarón.
- Determinar las concentraciones de oxígeno, temperatura durante el cultivo.

## 5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 Biología de *Litopenaeus vannamei* y su taxonomía

En base a Cobo y Pérez(2018), *Litopenaeus vannamei*, considerado el camarón blanco del Pacífico, es una de las especies cultivadas desde Sonora, México al Norte, Centro y Sudamérica hasta Tumbes, Perú, lo que la convierte en una de las especies más cultivadas en el mundo debido a su genética, ha sido uno de los animales más productivos y sostenibles del mercado internacional.

Cobo y Pérez (2018) destacan que el lugar donde vive este crustáceo, deberá ser en donde haya un clima tropical y la temperatura oscile entre 20 y 32 °C, aunque la temperatura óptima está entre 22 y 30 °C. También es tolerante a la baja salinidad si el animal está en los parámetros adecuados. Se puede encontrar en ambientes de agua dulce como ríos y lagos, pero especialmente en ambientes marinos. Tiene un cuerpo comprimido lateralmente con un cefalotórax formado por apéndices, anténulas, pereiópodos, mandíbulas, antenas y maxilar, con un rostro aserrado y dos largas antenas. También tenía un estómago hecho de pleópodos, que usa para nadar. En la última parte del cuerpo tiene un telson, que consiste en urópodos, que actúan como pleópodos



**Figura 1.** Ejemplar de *Litopenaeus vannamei*.

**Fuente:**DiCYT.

De acuerdo con Varela (2021), *Litopenaeus vannamei* es nativo de la costa del Pacífico y es la especie de camarón más demandada y productiva de todas en la industria de cultivo de camarones, por lo que a lo largo de los años la especie se ha introducido en otras partes de la costa Atlántica, Asia y el Continente, es la cuna del cultivo del camarón, que hoy se encuentra en la mayoría de los países costeros, y se está construyendo un gran mercado para este crustáceo debido a las enormes cualidades económicas y nutritivas que ofrece.

**Tabla 1.** Características biológicas del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*.

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Genero</b>	<i>Litopenaeus</i>
<b>Especie</b>	<i>Vannamei</i>
<b>Nombre común</b>	Camarón Blanco
<b>Origen y distribución</b>	Es nativo de la costa oriental del océano pacifico. Se distribuye desde el golfo de California hasta Perú
<b>Morfología</b>	Conformado por un cefalotorax, abdomen y cola
<b>Hábitat</b>	Los adultos viven en ambientes marinos tropicales, mientras que, las postlarvas en zonas estuarinas
<b>Alimentación</b>	Fase larvaria: planctónica Fase juvenil: detritívoro bentónico
<b>Reproducción</b>	Organismo dioico, fecundación externa
<b>Rango de temperatura</b>	24- 28°C
<b>Rango de salinidad</b>	0- 50ups
<b>Etapas de crecimiento</b>	Huevo, nauplio, zoea, mysis, postlarva, juvenill y adulto

*Fuente:* (Mendoza y Párraga, 2021).

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica del camarón blanco.

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>Reino</b>	Animalia
<b>Filo</b>	Arthropoda
<b>Clase</b>	Malacostraca
<b>Orden</b>	Decapoda
<b>Suborden</b>	Dendrobrachiata
<b>Familia</b>	Penaeidae
<b>Genero</b>	<i>Litopenaeus</i>
<b>Especie</b>	<i>vannamei</i>

*Fuente:* Pérez Farfante y Kensley (1997).

## 5.2 El Ecuador y su cultivo de camarones

La producción de camarón en Ecuador nació en santa rosa en el año de 1968 ciudad perteneciente a la provincia de El Oro donde un pequeño grupo de obreros en agricultura observaron albercas en su mismo medio natural localizadas en estuarios con diferentes tipos de crustáceos. A medida que transcurría el tiempo ya para el año 1974 se habían instalado alrededor de 600 hectáreas destinadas a la producción de camarón *Litopenaeus vannamei* (Peña, 2017).

En el presente año 2023, el país cuenta con una acuicultura súper que sofisticada convirtiéndose en uno de los grandes exportadores de *Litopenaeus vannamei* a nivel global (Rivera, 2018), durante el transcurso del tiempo ha tenido fuertes auges con la tasa económica del país por desarrollar obras en generación de empleo que se abren todos los años ya que depende de estos factores para poder producir en escala global lo mejor en el mercado mundial (Peña, 2017).

Anexado a esta información Peña (2017), nos indica que se encuentran en un valor aproximado de 220.000 Ha destinadas exclusivamente a la crianza de camarón en cautiverio específicamente *Litopenaeus vannamei*, a más de esto cuenta con una flota alrededor de 277 barcos que se centran al apresamiento del crustáceo en su forma silvestre.

El *Litopenaeus stylirostris*, el camarón patiblanco *Litopenaeus vannamei* son las especies de crustáceos más usadas para la explotación acuícola en cautiverio (FAO, 2020), siendo este último el más demandado a nivel productivo en el Ecuador. Debido a diversas facultadas que posee que facilitan su producción como son; mecanismos de resistencia a diversas patologías, adaptabilidad a diversos rangos ambientales y su alta tasa de crecimiento. Mientras que *Litopenaeus stylirostris* no cuenta con aquellas cualidades acaparando solamente el 5% de la tasa de producción en el País (Peña, 2017).

Aguilar (2018) destaca que las principales especies cultivadas en la costa de Ecuador son los camarones del Pacífico del género *Litopenaeus*, donde el 95% de su producción pertenece a la especie *Litopenaeus vannamei*, la cual es considerada una de las más resistentes a los cambios ambientales durante el desarrollo en cautiverio. En nuestro país, esta especie apareció en el año 1962 en una bahía al sur del Golfo de Guayaquil, cuando personas indagaron accidentalmente por esta especie, ya que se observaba que aves consumían pequeñas especies de crustáceos que se quedaban estancadas en posas en las costas cuando se producía el fenómeno de bajamar, dando inicio a la actividad de producción de camarón en cautiverio en ese tiempo.

Así mismo Peña y Varela (2016) destacan que lo mismo sucedió en la provincia de El Oro, donde un grupo de personas se enteró de la rentabilidad de la producción de este crustáceo y construyó estanques para capturar camarones durante la marea alta. Desde entonces hasta el día hoy, la cría y explotación de camarones se ha convertido en una operación comercial a gran escala basada directamente a la demanda del mercado tanto nacional como internacional.

### **5.2.1 Sistemas que implementa el Ecuador para el cultivo de camarón**

Como afirman Varas et al. (2017) el camarón ecuatoriano es un crustáceo que vive en aguas costeras con temperaturas que oscilan entre los 20°C y 32°C. La reproducción de estos crustáceos ocurre en áreas costeras como bahías, estuarios, lagunas donde hay disponibilidad de agua y alimento específicamente. Los tipos de cultivos utilizados para la producción varían según la densidad resumiéndose en tres; extensivos, semi-intensivos, hiper-intensivos, basados directamente a la densidad de siembra y la tecnología implementada en los estanques (Lara, 2011).

Castillo (2005) indica que los estanques de producción dependen del tipo de acuicultura utilizada, siendo la mayoría estanques rústicos de tierra o geomembrana. El porcentaje de reposición de agua también depende del sistema utilizado, extensivos entre el 5-10%; semi-intensivo entre el 10-20% e intensivo superior al 20% de recambio diario. Por otro lado, la alimentación puede ser mediante una dieta artificial o natural, cada una dependiendo de la etapa del animal, sus necesidades y la capacidad de carga del estanque basada en la densidad de siembra.

### ***5.2.2 El sistema extensivo***

Como señala Coello (2020), el sistema extensivo es probablemente uno de los sistemas más utilizados por los camaronicultores en el Ecuador, debido a que requiere menor inversión y gestión técnica. Por lo que su infraestructura fabril es baja, su tamaño irregular alcanzando entre 5 a 20 hectáreas, la profundidad promedio oscila entre los 120 cm. Su densidad de siembra varía entre 4 a 10 camarones/ metro cuadrado. Siendo su mayor suministro de dieta el alimento natural. Aunque el tamaño del estanque es basto su producción es baja oscilando entre 1.000 a 1.500 libras/ hectárea.

### **5.2.3 El sistema semi-intensivo**

En los sistemas semi-intensivos se utilizan piscinas rectangulares con una profundidad de 1.5 m y un área que varía entre 1 a 5 hectáreas. El sistema semi-intensivo se diferencia del extensivo debido a la densidad de organismos/ hectárea, ya que en este pueden cultivarse de 190.000 a 300.000 póstlarvas/ hectárea. En cuanto a su alimentación, una dieta complementaria la cual viene a ser un alimento balanceado debido a que la capacidad de carga que brinda el estanque basado en el alimento natural no puede zacear completamente el requerimiento alimenticio de los organismos en producción. El intercambio de agua diario que se maneja varía entre el 40%. La producción anual promedio de este sistema es de 21.000 libras/ hectárea (Coello, 2020).

### **5.2.4 El sistema intensivo**

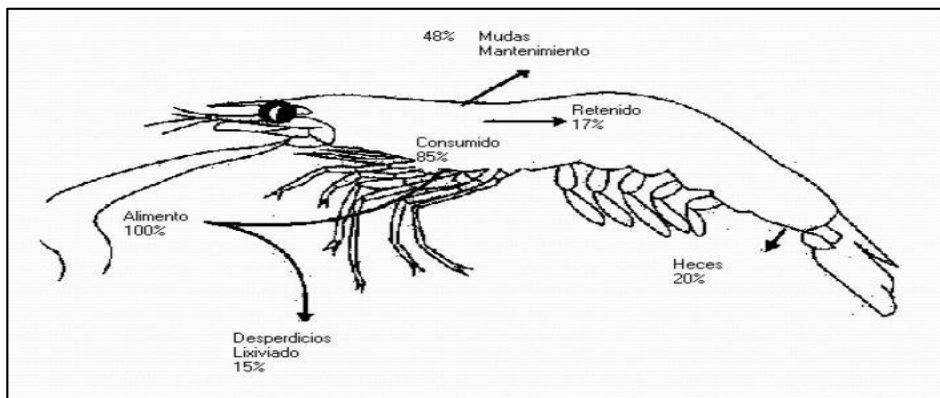
Los estanques intensivos suelen por lo general ubicarse en tierras altas y su densidad de siembra oscila entre 60 a 300 póstlarvas/metro cuadrado. El área del estanque va desde 0.1 a 1 hectárea, dichos estanques pueden estar en contacto con el suelo o a su vez pueden estar recubiertos con geo membrana (liner). En cuanto al suministro de alimento se divide en 4 o 5 raciones por día. El factor más importante en este tipo de cultivo es la concentración de oxígeno disuelto que se incorpore al sistema, por ende, es necesario contar con aireadores automáticos para saciar el requerimiento de este elemento por parte de los camarones y microorganismos que interactúan en el estanque (Valenzuela, 2010).

Al usar grandes cantidades de organismos en producción a los cuales se brinda un alimento balanceado se generará una acumulación de materia orgánica en el fondo conformada por alimento no consumido, resto de mudas, excretas entre otras, el cual dañará el fondo y la calidad de agua, afectando negativamente a la salud del camarón de no ser controlada. Por ende, se debe llevar un control exhaustivo de la calidad de agua del medio y la aplicación de medidas de seguridad para poder mitigar la afectación causada por la acumulación de materia orgánica en el fondo y su producción es promedio de 34.000 libras/ha/ciclo productivo (Herrera, 2013).

### 5.3 Alimentación en el cultivo de camarón

Para saciar el requerimiento nutricional de los camarones en producción, y generar un buen crecimiento diario y semanal se suministra un alimento artificial. Ya que la rentabilidad de este negocio se resume en el incremento diario de peso que se gane en el camarón. Pero si bien el alimento balanceado ayuda a obtener buenos crecimientos, la sobre alimentación, los residuos y excretas por parte de los organismos generan cambios negativos en la calidad de agua, dando como resultado una mayor demanda biológica de oxígeno y la aparición de metabolitos tóxicos como amonio, nitrito y nitrato (Ullman, 2018).

Aunque cabe destacar que la alimentación de este crustáceo es una de las más complejas cuando se realiza la producción en cautiverio, debido a que sus requerimientos nutricionales varían de acuerdo a sus diferentes etapas durante su crecimiento. Además, también el alimento que se suministra artificialmente debe estar en función del tamaño de su cavidad bucal, ya que si no está acorde no será aprovechado de una manera adecuada. Por lo general cuando está en su desarrollo larval y posterior cuando ya es póstarvas consume su dieta se basa principalmente en fitoplancton y zooplancton, pero una vez que ya entra a su etapa juvenil se convierte en un organismo carroñero bentónico y omnívoro.



**Figura 2.** Destino del alimento en el camarón.

**Fuente:** (Aranha y Martins, 2020).



#### **5.4 Fertilización en los estanques acuícolas**

El proceso de fertilización en los estanques de acuicultura debería ayudar a obtener una buena presencia de algas y así aumentar la concentración de oxígeno en el agua del estanque, pero la fertilización excesiva aumentará el costo de producción y también cambiará la calidad del agua y creará un exceso de algas (Boyd, 2005).

Los procesos de fertilización en estanques de acuicultura contribuyen a la producción de fitoplancton el cual contribuye a la disponibilidad de alimento natural, y la producción de oxígeno disuelto en el sistema. Pero la excesiva o inadecuada fertilización generara la eutrofización del medio, dañando de esta manera la calidad de agua en el estanque (Boyd, 2005).

#### **5.5 Producción acuícola y calidad de agua**

El término "calidad del agua" se utiliza para indicar todas las propiedades o parámetros fisicoquímicos y biológicos disueltos en el agua que deben medirse para comprender su desarrollo en términos de sus propiedades naturales, ya que juntos forman un grupo, y por lo tanto asignar la "calidad del agua" como propiedad propia (Egna y Boyd, 1997).

Por otro lado, la calidad del agua también está relacionada con la ubicación de la granja acuícola, como la proximidad a ciudades, áreas de descarga agrícola e industrial. Entonces, cuando los reactivos químicos ingresan a la calidad del agua, la calidad del agua se verá afectada, lo que afectará el desarrollo de los animales en el estanque de cultivo (Pico y Mendoza, 2020).

La calidad del agua en el sistema acuícola es de gran importancia para el desarrollo exitoso del cultivo de especies acuáticas, debido a que todos los parámetros que forman la calidad del agua de una forma u otra afectan el desarrollo de estas especies acuáticas. Por ejemplo, los camarones y los peces pueden experimentar estrés que puede provocar enfermedades si la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura, el pH, el nitrógeno amoniacal, el nitrito, el nitrato (Mayer, 2012).

#### **5.6 Parámetros de la calidad de agua en cultivo de camarón**

Según Egna y Boyd (1997), la valoración del agua esta especificada en valores químicos que se encuentran disueltos en el medio acuático, tales como la temperatura y variados parámetros físicos que se le atribuyen al medio acuoso a su vez estos se mezclan en uno solo para designar el tipo de calidad de agua que pueden tener los estanques. Estos parámetros físicos y químicos dependerán en gran medida de la localización del sector acuícola con relación a las áreas del sector urbano, centros agrícolas e industrias, se añade de manera técnica las horas de bombeo versus a la densidad de cultivo por hectárea y a su vez dependerá en gran medida la pureza del alimento

exógeno adicionado, variados métodos de fertilización, análisis y sentido de parámetros físicos y químicos.

El rol de la toma de parámetros en las diferentes formas de cultivo tiene gran importancia, ya que la buena producción dependerá mucho de estos mismos mencionados. Cada parámetro en el agua es fundamental porque puede enfermar y obtenerse mortalidades inmediatas en el cultivo destruyendo la salud del resto de animales. El cultivo de camarones y peces con niveles bajos de oxígeno disuelto, amonio no ionizado, nitritos y nitratos, ácido sulfhídrico pueden desatar estrés y muerte en las especies cultivadas, a su vez el estanque y su medio acuático están directamente en predominio entre sí (Mayer, 2012).

**Tabla 3.** Parámetros generales de calidad del agua para camarones y peces con sus valores estándar.

<i>Parámetro</i>	<i>Valores Estándar</i>
Oxígeno Disuelto	> 4,00 mg/L
Temperatura	Dependiente de la especie
pH	7,50 – 8,50
Salinidad	Agua Dulce: < 0,50ppt
	Agua Salobre: 0,50 – 30 ppt
	Agua Salada: 30 - 40 ppt
	Optimo: 15 – 25 ppt
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	< 10 ppm
Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / NH <sub>4</sub> -N)	0 – 0,50 ppm
Nitrito (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	< 1 ppm
Dureza	40 – 400 ppm
Alcalinidad	50 – 300 ppm
DBO	< 50 mg/L

**Fuente:** Mayer ( 2012).

### 5.6.1 Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros físicos que afecta directamente el metabolismo, la tasa de supervivencia y la tasa de crecimiento de los crustáceos decápodos. El manejo de la temperatura es fundamental en la producción de camarón blanco, ya que este parámetro se ve afectado por cambios diurnos extremos, diferentes estaciones, efectos del viento, profundidad del estanque, control de la forma del estanque y sistemas como invernaderos para mantener la estabilidad o cultivos que regulan la temperatura (Araneda et al., 2020).

El rango de temperatura óptimo para el cultivo de camarón blanco está entre 25°C y 32°C, pero también hay que tener en cuenta que, si la temperatura es demasiado alta, la necesidad de oxígeno disuelto del animal será mayor y el metabolismo aumentará aceleradamente, por lo que el

consumo de oxígeno disuelto aumentará más, estando de esta manera estos dos parámetros íntimamente relacionados en la salud de camarón (Cárcamo y Vallecillo, 2011).

## **5.7 PARÁMETROS QUÍMICOS DEL CULTIVO DE CAMARÓN**

### **5.7.1 Oxígeno disuelto**

Mencionan Paredes y Rodríguez (2020), que el oxígeno disuelto en la calidad del agua es uno de los parámetros más importantes en el manejo de la camaronicultura, al igual que la temperatura, ya que su concentración se ve afectada por la materia orgánica y la alta temperatura, lo que puede provocar un consumo excesivo de oxígeno disuelto en los camarones.

De igual forma López (2009) concuerda que el oxígeno disuelto es un componente importante en el cultivo de *L. vannamei*, debido a que cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, el proceso de alimentación se detendrá ya que el camarón no consumirá dicho alimento, desperdiciándose en el fondo, lo que generara que el factor de conversión aumente.

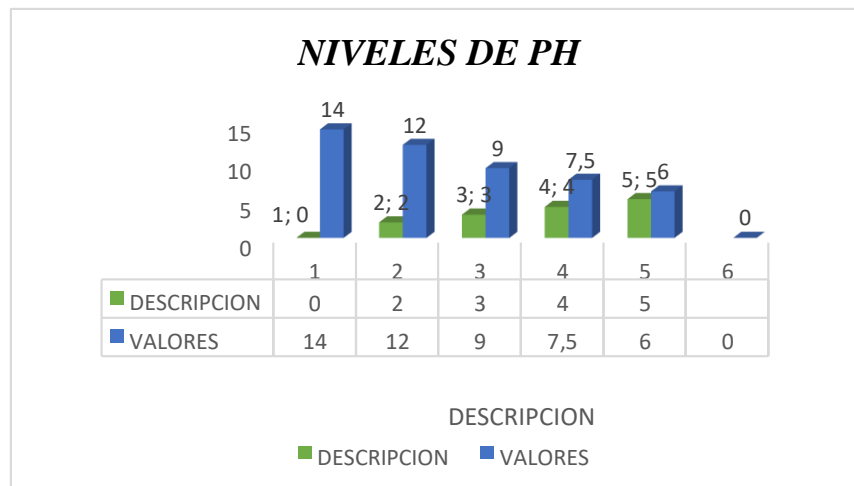
Gattorno y Pocasangre (2019) manifiesta que el oxígeno disuelto está relacionado con la supervivencia de los camarones, es decir, cuando está presente en bajas concentraciones, los animales suelen experimentar períodos de estrés, reducción de la ingesta de alimento y aumento de peso. Es importante controlar este parámetro principalmente por la noche, cuando se dan la mayoría de los problemas relacionados con la baja concentración de oxígeno disuelto, que provocan las famosas fumigaciones e incluso la muerte.

Carranza (2018), opina que la concentración de oxígeno disuelto en *L. vannamei* también tiene un rango definido, siendo el valor óptimo entre 5 y 15 mg/l. Por otro lado, una deficiencia de OD por debajo de 2 mg/L es fatal si el tiempo de exposición supera las dos horas. Por otro lado, a valores que oscilaron entre 2 y 5 mg/L, el crecimiento del camarón disminuyó a valores entre 5 y 10 mg/L debido al efecto sobre la conversión alimenticia. También es importante saber que los altos niveles de oxígeno pueden causar la sobresaturación del oxígeno disuelto en el agua, pero mientras que la difusión de OD se distribuye uniformemente, esto no debería tener ningún efecto.

### **5.7.2 pH**

Paredes y Rodríguez (2020) deducen que el potencial de hidrógeno (pH) es un parámetro químico del agua que denota la concentración de iones de hidrógeno en ella, indicando si el agua es alcalina o ácida. Basada en una tabla de valores que van de 0-14. La cual está dividida en 3 rangos, incluyendo primero 0-7 para acidez media, 7-14 representa un ambiente alcalino, 7 representa un ambiente neutral.

Millard et al., (2021) piensan que, para el cultivo de camarones blancos, el efecto del pH también influye en el metabolismo, ya que los niveles de 4 a 6 y de 9 a 11 pueden afectar el crecimiento y causar la muerte, mientras que un pH bajo puede afectar el proceso de muda, lo que resulta en una pobre formación del exoesqueleto en términos de rigidez y espesor. Por lo tanto, el nivel óptimo está entre 7,5 y 8,5.



**Figura 3.** Niveles de pH para el agua de las piscinas de camarón.  
**Fuente:** Revista Industria Acuícola (2017).

### 5.7.3 Salinidad

De acuerdo con Boyd (2001) el cual manifiesta que, la salinidad se define como la concentración total de sales o iones disueltos en el agua que puede ser expresada en ppt o UPS. La salinidad del agua de mar es de aproximadamente 34.5 ppt (partes por mil) y está conformada específicamente por siete iones los cuales tienen un promedio de concentración en el agua de mar a una cantidad de Sodio, 10.500 mg/L; Magnesio, 1.450 mg/L; Calcio, 400 mg/L; Potasio, 370 mg/L; Cloruro, 19.000 mg/L; Sulfato, 2.700 mg/L; Bicarbonato, 142 mg/L.

Es indispensable tener en cuenta la ubicación de la granja camaronera, debido a que, la salinidad en aguas de estuarios puede ser semejante a la del agua dulce en tiempo de lluvias, por ello los estuarios con camino al mar presentan mayor salinidad haciendo que los iones se concentren debido a la evaporación. La salinidad reduce a medida que se aleja la boca del estuario. Para *L. vannamei* no hay problema las concentraciones de salinidad que se presenten porque, este crustáceo puede ser cultivado con éxito en zonas costeras con salinidades de 1 y 40 ppt, pero, aun así, el cultivo va mejor cuando se tiene salinidades arriba de 5ppt, aunque otros productores que camarón prefieren manejar el cultivo a salinidades entre 20 a 25 ppt (Boyd, 2001)

El camarón si puede ser cultivado en distintas salinidades, incluso existen cultivos de camarón tierra adentro o denominados también a baja salinidad donde la misma es menor a 0,5 ppt donde prácticamente ya es un agua dulce. Para realizar dichos cultivos a baja salinidad, el camarón debe estar adaptado a la salinidad óptima, se debe realizar una aclimatación reduciendo la salinidad de manera lenta para que no sufra cambios bruscos de salinidad llamados shocks de salinidad. Aquí el oxígeno disuelto juega un papel importante, debido a que, a mayor salinidad existe menor solubilidad de oxígeno, porque las sales ocupan espacio intermolecular disminuyendo el espacio que se tiene para el oxígeno (Arzola, 2013).

También es importante conocer el balance iónico del agua, debido a que la salinidad contiene iones que ayudan al camarón para que este pueda crecer adecuadamente. Dentro de los iones más importantes se tiene al sodio, potasio, calcio y magnesio, los cuales ayudan mucho a la supervivencia del animal. Cuando se trata de cultivos a salinidades muy bajas, se emplea el uso de químicos que ayuden a aumentar los iones para que se encuentren en los rangos adecuados haciendo referencia con los iones que contiene el agua de mar, todo esto para que no exista problemas en el desarrollo de los animales y obtener una alta tasa de supervivencia (Saraswathy, 2020).

#### **5.7.4 Amoníaco (NH<sub>3</sub>)**

El amoníaco es un compuesto de nitrógeno gaseoso, básico e incoloro que es fácilmente soluble en agua. En acuicultura, describimos el amoníaco como un compuesto que contiene nitrógeno producido principalmente por la excreción de animales acuáticos, pero también por la descomposición bacteriana de alimentos no consumidos, materia orgánica nitrogenada anaeróbica y aeróbica (Boyd, 1990).

Los camarones pueden tolerar niveles de amoníaco entre 0.6 y 2.0 ups, pero solo por un período corto de exposición, pero en sistemas semi-intensivos e intensivos, dicha exposición a corto plazo puede ser fatal, ya que casi toda la población muere por envenenamiento por amoníaco. Por lo tanto, la concentración de amoníaco en el estanque siempre debe ser lo más baja posible (Santacruz y Chien, 2012).

A medida que aumenta el volumen de alimentación, aumenta la acumulación total de amoníaco (NH<sub>4</sub>). El amoníaco no ionizado (NH<sub>3</sub>) se libera en el medio acuático, por lo que sus niveles aumentan a medida que el pH aumenta a 8,5 y las temperaturas suben a 35°C, lo que lo hace más tóxico para los camarones. Cuando el amoníaco se libera en el agua y está presente en altas concentraciones, puede causar un estrés significativo a los camarones (Boyd, 2010).

El amoníaco no iónico es más tóxico cuando se reduce el oxígeno disuelto y las temperaturas se elevan, ya que afecta el crecimiento, la alimentación, la supervivencia y hace que los camarones sean más susceptibles a las enfermedades (Global Seafood Federation, 2018). Cabe señalar que las mayores concentraciones de  $\text{NH}_3$  se encuentran siempre en los sistemas intensivos y ultra intensivos donde la calidad del agua es crítica y se deben controlar los residuos de alimentación, excrementos, etc. (Toral, 2016).

Tabla 4. Porcentaje de amonio no ionizado en función a temperatura y pH.

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

Fuente: Russo et al. (1975).

### 5.7.5 Nitritos y ( $\text{NO}_2$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3$ )

El nitrito es un intermediario en el proceso en el que ciertas bacterias convierten el amoníaco en nitrato (nitrificación) y los nitratos en gas nitrógeno (desnitrificación). El nitrato es el producto final de la conversión, que luego se convierte en compuestos gaseosos o nitrógeno en la atmósfera. El nitrito sigue siendo tóxico con un valor permisible de  $<0,1$  mg/L, mientras que el nitrato es muy bajo con un valor de  $0,4-0,8$  mg/L (García et al., 2018).



## 5.8 DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN ESTANQUES ACUICOLAS

### 5.8.1 Disponibilidad de nitrógeno

La presencia de nitrógeno en los estanques de acuicultura es esencial para la productividad primaria, ya que la principal fuente de nitrógeno que ingresa al estanque es el alimento, seguido del estiércol y los excrementos animales, que producen amoníaco  $\text{NH}_3$ , por lo que algunos sistemas de cultivo no pueden reemplazar a todos los sistemas de cultivo. Suministro de nitrógeno a la biomasa.

El papel del nitrógeno y su disponibilidad en los estanques de acuicultura sigue siendo controvertido, ya que el fósforo también es otro nutriente limitante en los estanques de acuicultura (Boyd, 1990).

El nitrógeno siempre está presente en formas orgánicas (alimento, fertilizante) e inorgánicas (nitrato, nitrito, amoníaco y amoníaco) que se transforman en el ciclo del nitrógeno, pero su presencia se ve afectada por el pH, el oxígeno disuelto y los animales de estanque que producen y consumen nitrógeno, fitoplancton y bacterias, que necesitan una fuente de nitrógeno para sobrevivir (Egna y Boyd, 1997).

El nitrógeno es un nutriente que también utilizan las algas y las células del fitoplancton que absorben nitrógeno en cualquiera de sus formas ( $\text{NH}_4/\text{NH}_3\text{-NO}_2\text{-NO}_3$ ), aunque la forma más concentrada de nitrógeno en los estanques es el amonio, es decir, la sal de nitrito/nitrato. Por lo tanto, se puede comprender la importancia del nitrógeno en los estanques de camarones y, si los niveles de nitrógeno son altos, la capacidad de eliminar el exceso de nitrógeno que contamina el agua de cultivo (Boyd, 2001).

De acuerdo con Egna y Boyd (1997) la presencia de nitrógeno es fundamental para el primer eslabón de la cadena alimenticia en crustáceos, peces y metabolitos que contengan nitrógeno (excreción), de manera similar a fertilizantes químicos como el amoníaco que son perjudicial. También nos informa que el fosforo es el nutriente limitante en aguas de baja salinidad y el nitrógeno es limitante en agua de trópico o agua para el de cultivo de camarón.

Así como lo demuestra Egna y Boyd (1997), que la fuente de nitrógeno inorgánico en piscinas de cultivo las encontramos en nitratos, amoníaco, nitritos, amonio la adición de todas estas formas se las denomina “nitrógeno total inorgánico”. Las diferentes formas de nitrógeno que encontramos en estanques de cultivo acuícola son resultados del ciclo del nitrógeno o malas prácticas acuícolas como resultados del pH, oxígeno disuelto, y micros organismos que consumen fuentes ricas en  $\text{NH}_4$

Se menciona también que, el medio acuático, la aplicación de fertilizantes y el adiciónamiento de alimento son puntos principales ricos en nitrógeno, adhiriendo el fitoplancton y bacterias. Cuando el nitrógeno está presente en forma de alimento el fitoplancton lo consume en forma de nitrato o  $\text{NO}_3$  y en amonio. La mayoría de los estanques acuícolas tienen por lo general problemas en elevaciones de amonio y no tanto en nitritos y nitratos.

### **5.8.2 Ciclo del nitrógeno presente en los estanques acuícolas**

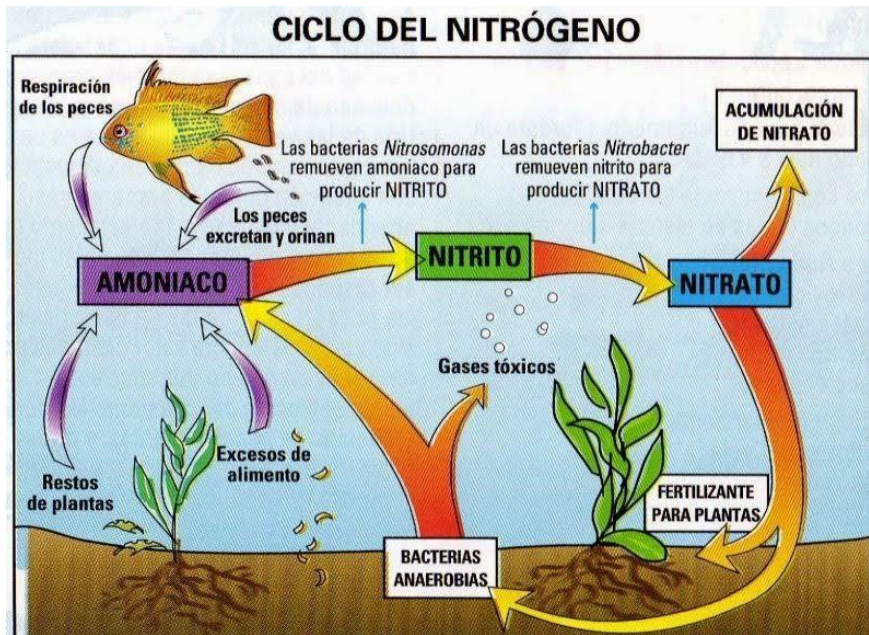
Lo que nos afirma Saubot (2002) el ciclo del nitrógeno son procesos de variación de un gran número de componentes ya que este mismo al no ser interrumpido, las condiciones del agua se darán de una manera ideal, en términos técnicos la oxidación del amoníaco a nitritos y después a nitratos con la ayuda de bacterias que benefician su transformación.

Con información más reciente expresada por Vaca (2016) la nitrificación con ayuda del oxígeno transforma el amonio total a nitratos en dos estados.

Uno de ellos es realizado por las bacterias en este caso nitrosomonas que convierten el  $\text{NH}_3$  en nitritos  $\text{NO}_2$ . El segundo estado de nitritos  $\text{NO}_2$  a nitratos  $\text{NO}_3$  gracias a las bacterias nitrobacter ya que al ser quimioautótrofa utilizan  $\text{CO}_2$  y  $\text{HCO}_3$  como origen bacteriano.

Lo que nos lleva a la desnitrificación inicia por parte de la falta de oxígeno (anoxico) y su proceso es llevar los nitritos ( $\text{NO}_2$ ) a nitratos ( $\text{NO}_3$ ) y como resultado a nitrógeno libre. En estos procesos también intervienen microorganismos como bacterias autótrofas, heterótrofas y un pequeño número de comunidades de hongos.

El ciclo del nitrógeno en los estanques de acuicultura es un proceso complejo e interesante porque es continuo como cualquier otro medio. El ciclo del nitrógeno es un evento de biotransformación para algunos compuestos que mantendrán mejor la calidad del agua si no se usan. Estos compuestos son el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), que algunas bacterias beneficiosas convierten en nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y luego en nitratos ( $\text{NO}_3$ ) (Saubot, 2002).



**Figura 4** Ciclo del nitrógeno en estanques acuícolas.

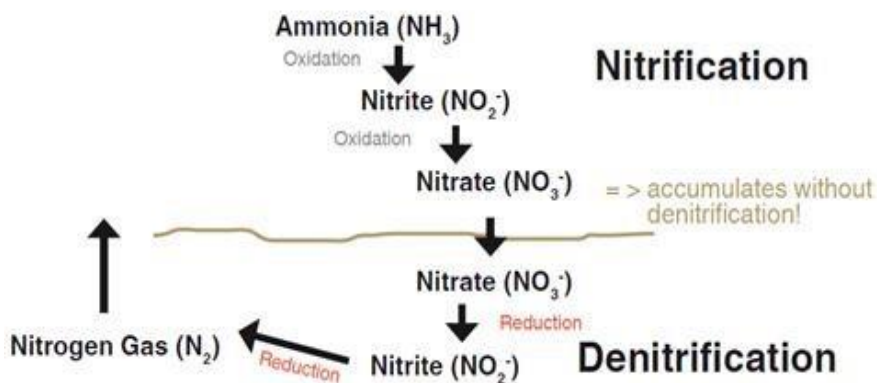
**Fuente:** (Saubot, 2002).

### 5.9 Nitrificación

La nitrificación es un proceso que requiere la presencia de oxígeno y se divide en dos etapas. El primer paso lo realiza *Nitrosomonas*, que convierte el amonio total ( $\text{NH}_4$ ) en nitrito ( $\text{NO}_2$ ). El segundo paso lo realiza *Nitrobacter*, que convierte el nitrito ( $\text{NO}_2$ ) en nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Estas bacterias secundarias utilizan  $\text{CO}_2$  y  $\text{HCO}_3$  porque son quimioautótrofas (Vaca, 2016).

### 5.10 Desnitrificación

La desnitrificación es una parte del ciclo del nitrógeno, el cual se produce en condiciones anoxicas. En este proceso el nitrito ( $\text{NO}_2$ ) se convierte en nitrato ( $\text{NO}_3$ ), que puede ser liberado a la atmosfera mediante la acción bacteriana. Este proceso es importante en los estanques de acuicultura y lo llevan a cabo bacterias autótrofas, heterótrofas (Vaca, 2016).



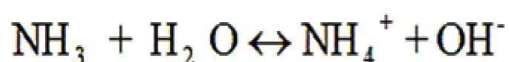
**Figura 5.** Procesos de nitrificación y desnitrificación en el ciclo del nitrógeno.

**Fuente:** BIOMIN.

## 5.11 COMPUESTOS NITROGENADOS QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE AGUA

### 5.11.1 Nitrógeno amoniacal total (TAN)

En términos de factores que afectan la calidad del agua, el amoníaco existe en forma ionizada ( $\text{NH}_4$ ) y en forma no ionizada ( $\text{NH}_3$ ), cuya suma es el amoníaco total conocido como nitrógeno amoniacal total (TAN)., se puede expresar en ups o mg/l. Su presencia o concentración en el agua depende del pH y la temperatura, ya que también se debe considerar la salinidad para la oxidación química del TAN (Timmons et al., 2009).



**Figura 6.** Reacción del amonio total “suma del amonio no ionizado o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y el amonio ionizado ( $\text{NH}_4$ ).

**Fuente:**(Frías y Páez, 2001).

El amonio es uno de los parámetros o compuestos nitrogenados más importantes que afectan la calidad del agua de acuicultura. Por lo tanto, es imperativo conocer la calidad y cantidad de alimento suministrado al sistema para que el ciclo del nitrógeno se mantenga estable y no requiera mucho control (Camargo, et.al. 2007).

### 5.11.2 Nitritos ( $\text{NO}_2$ )

Los nitritos son otros compuestos nitrogenados que afectan la calidad del agua porque siguen siendo tóxicos y se absorben en el intestino y se unen a la hemoglobina (peces) y la hemocianina (camarones), oxidando sus moléculas y acortando el rango de oxígeno en la sangre cuando los niveles de nitrito superan los 2 ups son altamente tóxicos y fatales para camarones y peces (Goncalo, 2015).

### 5.11.3 Nitratos ( $\text{NO}_3$ )

El nitrato es un compuesto de nitrógeno, pero no es particularmente tóxico, por lo que los camarones o peces pueden tolerar altas concentraciones de nitrato sin problemas, ya que también es una fuente de alimento para el fitoplancton. La eliminación de nitratos de un sistema de acuicultura es muy simple porque es la última transformación que puede completar el ciclo del nitrógeno, los nitratos solo se convierten en nitrógeno gaseoso. La concentración tolerable de  $\text{NO}_3$  en estanques acuícolas va de 0.2 a 10 mg/L, valores por encima de esta concentración se vuelven tóxicos.

(Vinatea, 2020).

**Tabla 54.** Valores admisibles de la calidad del agua acuícola para parámetros nitrogenados tóxicos en estanque de cultivo de camarón blanco.

PARÁMETROS	FORMA DE EXPRESAR	RANGOS ADMISIBLES
Temperatura	°C	18 a 25
Turbidez	cm con disco secchi	25 a 60
PH	acido/base	7 a 9
Oxígeno disuelto	mg/L	5 a 15
Nitrógeno amoniacal total	mg/L N-NH <sub>3</sub>	> 0,1
Nitritos	mg/L N-NO <sub>2</sub>	> 0,23
Nitratos	mg/L N-NO <sub>3</sub>	0,2 a 10

**Fuente:** Boyd (2001).

### 5.12 Los animales acuáticos y los efectos del amoniaco

Según Camargo (2007) nos manifiesta que cuando el amonio se convierte en nitritos, es más tóxico para los animales acuáticos, y cuando se expone a altas concentraciones en el agua, es dañino y puede causar estrés a los animales. Cuando se sobrealimenta, el amonio aumenta la concentración de amonio total (NH<sub>4</sub>), mientras que el amonio no iónico (NH<sub>3</sub>) se libera al medio ambiente. Las principales consecuencias de la presencia de este compuesto son el bajo crecimiento por falta de alimento, daños físicos, requerimientos energéticos, etc.

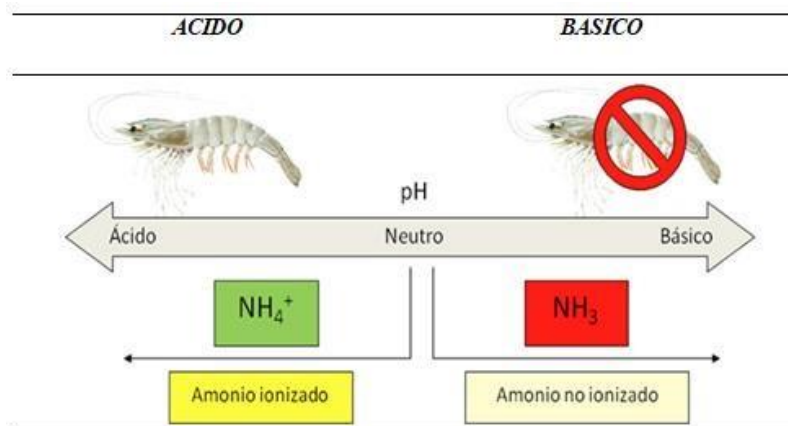
Concluyendo que los niveles de amoniaco deben permanecer en margen con el medio acuático para buenas prácticas acuícolas. Este compuesto tiene características ya que al ser nitrogenado también es gaseoso, incoloro y alcalino, incluso tiene menos peso que el aire y su olor es de fácil detección también se añade que tiene una alta solubilidad en medios acuáticos y tiene reacciones sumamente rápidas. Existen dos tipos de amonio el no ionizado que existe en el ambiente y el ionizado que se da por parte de los compuestos añadidos como el hidróxido de amonio o el cloruro de amonio (Santacruz y Chien, 2012).

Se resalta que el amonio es una sustancia que es producida de la excreción de camarones en cualquier ambiente también por descomposición de organismos vegetales y animales. Todo tipo de material orgánico libera amonio al descomponerse en condiciones aeróbicas cuando se encuentra con el oxígeno y anaeróbicas cuando no tiene un ambiente con oxígeno y este es consumido por las bacterias del medio donde se encuentran (Boyd, 1990).

#### 5.12.1 Efecto del amoniaco en camarones

El amonio en piscinas camaroneras afecta directamente los procesos fisiológicos, como el crecimiento de ciertos órganos y tejidos. Los camarones tienen un rango apropiado dentro del cual

pueden tolerar concentraciones de amonio total en el agua; este rango siempre debe estar por debajo de 0,45 mg/L, como es el caso en los sistemas intensivos y semi-intensivos. Sin embargo, los estudios han demostrado que el amonio en una concentración de 0,09 mg/L provocará un crecimiento lento de *Macrobrachium rosenbergii*, y la tasa de crecimiento de *Litopenaeus vannamei* expuesto a 0,45 mg/L de amonio se reduce en un 50% (Frías y Páez, 2001).



**Figura7.** Presentación de amonio ionizado a pH bajos

**Fuente:** (Frías y Páez, 2001).

**Nota:** No es tóxico en el agua, pero a valores de pH superiores a 8,5, el amonio no iónico ( $\text{NH}_3$ ) puede aparecer en su forma tóxica.

Los peces como los crustáceos, cuando existe presencia de amoniaco tienen repercusiones que alteran su salud en sus branquias, lesiones en la piel, en órganos y sobre todo en la fase de crecimiento. (Boyd, 1990).

- Por la contaminación de las branquias la recepción de oxígeno es baja.
- Mas consumo de energía por el uso alternativo para desintoxicar el organismo.
- Problemas en el proceso osmótico
- Deterior en los cambios físicos del tejido causando estrés

Las consecuencias pueden presentarse a 0,45mg/l, los camarones peneidos, a su vez estos organismos pueden tolerar amoniaco de (0.6-2.0 mg/l) pero en efecto tendrían problemas y estarían propensos a cualquier enfermedad que se presente en el medio donde se cultivan sean en estanques semi-intensivos como también en intensivos (Boyd, 1990).

### 5.12.2 Formas de controlar el amonio en estanques acuícolas

Hernández (2016) nos indica que el amonio en el agua de cultivo de camarones existe en la forma tóxica  $\text{NH}_3$  y la forma no tóxica  $\text{NH}_4$ , cuya concentración se ve afectada por la temperatura del agua y el valor del pH, cuantos más altos sean estos dos parámetros, mayor será la concentración de amonio o amonio no iónico  $\text{NH}_3$ . Por lo tanto, se recomienda mantener siempre la concentración de amonio por debajo de 2 mg/l (Boyd, 2001). En los estanques de camarones,



si hay una alta concentración de amoníaco no iónico  $\text{NH}_3$ , interferirá con las actividades metabólicas de los camarones y causará la muerte de la población.

En base a Lara et al., (2015) mostraron que, en sistemas de cultivo intensivo con cero o mínimo recambio de agua y alto aporte, las concentraciones de amonio, nitrito y nitrato estuvieron presentes durante todo el período de cultivo debido a procesos de oxidación. No es causado completamente por poblaciones bacterianas defectuosas que ayudan a descomponer el amonio en nitrato.

En resumen, es bien sabido que cualquier organismo acuático puede tolerar una cierta cantidad de amonio durante un corto período de tiempo, pero los negativos también son aquellos que son más susceptibles a las enfermedades. Por lo tanto, el contenido de amonio en esta zona de agua debe mantenerse lo más bajo posible para evitar el estrés de los animales y la posible muerte por envenenamiento (Santacruz y Chien, 2012).

A diferencia de cambiar el agua para controlar los niveles de amoníaco, la filtración biológica puede ser una estrategia útil. El proceso de nitrificación lo llevan a cabo dos tipos diferentes de bacterias.

Dado que producen su propia energía mediante la oxidación de compuestos inorgánicos en lugar de compuestos orgánicos, que es como lo hacen las bacterias heterótrofas, normalmente se clasifican como bacterias quimioautótrofas (Hagopian y Riley, 1998).

Boyd (1990) explica que, durante la preparación del estanque, una cantidad significativa de amoníaco que ha quedado atrapado en el sedimento del estanque puede liberarse al exponer el suelo al aire, secarlo y ararlo. Esto favorece la nitrificación, desnitrificación y amonificación. Bajar una parte del nivel del agua del estanque (10 a 30 por ciento) y luego llenarlo para compensar el volumen perdido es otro método para eliminar el amoníaco durante el proceso de engorde. En lugar de bombear agua hacia adentro y hacia afuera continuamente, este procedimiento es más apropiado.

**Tabla 6.** Valores de amonio no ionizado en función de la temperatura y el pH

pH	TEMPERATURA (°C)								
	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7.0	0.003	0.003	0.004	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
7.2	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.011	0.012	0.015
7.4	0.007	0.008	0.009	0.011	0.013	0.015	0.017	0.020	0.023
7.6	0.011	0.013	0.015	0.017	0.020	0.023	0.027	0.031	0.036
7.8	0.018	0.021	0.024	0.028	0.032	0.036	0.042	0.048	0.057
8.0	0.028	0.033	0.038	0.043	0.049	0.057	0.065	0.075	0.087
8.2	0.044	0.051	0.059	0.067	0.076	0.087	0.100	0.114	0.132
8.4	0.069	0.079	0.090	0.103	0.117	0.132	0.149	0.169	0.194
8.6	0.105	0.120	0.136	0.154	0.172	0.194	0.218	0.244	0.276
8.8	0.157	0.178	0.200	0.223	0.248	0.276	0.306	0.339	0.377
9.0	0.228	0.255	0.284	0.313	0.344	0.377	0.412	0.448	0.490
9.2	0.319	0.352	0.386	0.420	0.454	0.489	0.526	0.563	0.603
9.4	0.426	0.463	0.500	0.534	0.568	0.603	0.637	0.671	0.707
9.6	0.541	0.577	0.613	0.645	0.676	0.706	0.736	0.763	0.792
9.8	0.651	0.684	0.715	0.742	0.768	0.792	0.815	0.836	0.858
10.0	0.747	0.774	0.799	0.820	0.840	0.858	0.875	0.890	0.905
10.2	0.824	0.844	0.863	0.878	0.892	0.905	0.917	0.928	0.938

**Fuente:**(Boyd C. , 2001)

**Nota:** Fracciones decimales de amonio total existente como amonio no ionizado en varios valores de pH y temperatura.

### 5.13 Estanques acuícolas y las formas de remoción del amoniaco

Se estableció e indico la implementación de tres métodos principales para eliminar el nitrógeno amoniacal en los estanques de cultivo: eliminación fotoautotrófica por algas, conversión de nitrógeno amoniacal en nitrato por bacterias autótrofas y, finalmente, conversión directa de nitrógeno amoniacal en biomasa microbiana por asistencia de bacterias heterótrofas. Los estanques de acuicultura utilizan sistemas tradicionales en los que dependen en gran medida de biosintéticos (Jiménez et al, 2015).

Actualmente existen varios métodos que pueden ayudar a reducir las concentraciones de nitrógeno tóxico en el agua de cultivo de camarones y mantener los parámetros de calidad del

agua dentro del rango apropiado de amonio. Una alternativa para eliminar el amonio y el fosfato es la biorremediación, que se utiliza para aumentar los agregados bacterianos como bacterias, enzimas, levaduras utilizando sustratos que reducirán significativamente su alta concentración (Torres, 2019).

En la biorremediación, el uso de probióticos ayuda a eliminar los residuos que se encuentran en el ecosistema (agua y suelo). Hoy en día, los productores acuícolas buscan estrategias rápidas y económicas que puedan ayudar a controlar de manera efectiva el problema y así reducir el impacto en el medio ambiente acuícola. La biorremediación se ha convertido en una de las estrategias para reducir las altas concentraciones de nitrógeno amoniacal en los sistemas acuícolas (Santos, 2014).

## **5.14 La acuicultura y biorremediación**

Lizarazo y Quiroga (2020) mencionan que en acuicultura se conoce como biorremediación al proceso de descomposición de la materia orgánica en estanques acuícolas bajo condiciones biológicas y controladas. Se sabe que la biorremediación utiliza microorganismos vivos como bacterias, hongos y levaduras cuya función es degradar sustancias tóxicas en los ecosistemas acuáticos.

El proceso de biorremediación del agua en los sistemas de acuicultura promueve la producción de camarones al mantener la diversidad y la estabilidad de las comunidades microbianas en los estanques, aumentando las tasas de nitrificación para mantener bajos los niveles de amoníaco y estimulando los mecanismos de desnitrificación para eliminar el exceso de nitrógeno, utilizando así la productividad primaria del gas del estanque (Ibarra, 2015).

La biorremediación mejora la calidad del agua porque hay menos aglomeración de materia orgánica en el suelo y mejor acceso de oxígeno a los sedimentos, creando un mejor ambiente para la producción de camarones. Por otro lado, la biorremediación tiene varios sistemas que se pueden utilizar en agua, suelo, lodo (Divya et al., 2015).

### **5.14.1 Uso de la biorremediación en estanques acuícolas**

El objetivo principal de las comunidades bacterianas encontradas y utilizadas en el entorno de la acuicultura es mantener una buena calidad del agua dentro de los límites óptimos del estanque. Los agentes microbianos utilizados en la biorremediación están diseñados para alterar la flora microbiana del agua y el fondo (sedimento) para matar los microorganismos patógenos en el estanque (Goncalo, 2015).

Las bacterias modificadas conocidas como probióticos se usan comercialmente. Su propósito es mejorar la calidad del agua, reducir la materia orgánica suspendida, reducir los niveles de nitrito en el agua de la piscina y ayudar a mejorar el crecimiento y la salud de los camarones (Hlordzi et al., 2020).

#### **5.14.2 Biorremediación de residuos orgánicos**

Los organismos suspendidos en el agua consisten en cadenas cortas de carbono, a menudo polipéptidos, que facilitan la propagación de comunidades microbianas. Su hábitat se encuentra en la parte inferior (sedimento) de los estanques de acuicultura, lo que contribuye a la reducción de materia orgánica, promueve la capacidad enzimática y así reduce las consecuencias negativas de la contaminación del agua provocada por la formación de metabolitos tóxicos (Brutti et al., 2018).

#### **5.14.3 Biorremediación de compuestos nitrogenados**

El uso de alimentos nitrogenados en exceso de su capacidad de asimilación en los estanques de camarones puede conducir a la acumulación de metabolitos degradantes como el amoníaco y el nitrito, que a menudo son tóxicos para los peces y los camarones. Los sistemas cerrados de cultivo de camarones pueden crear un proceso de nitrificación que implica el uso de arena y grava para recircular completamente el agua a través de biofiltros. En los sistemas de recirculación, la descomposición del nitrógeno es muy importante debido a la toxicidad del amonio, los nitritos y los nitratos (Pedregosa, 2016).

### **5.15 Probióticos**

Rondón et al. (2015) manifiesta que los probióticos se definen como microorganismos vivos que tienen un efecto beneficioso sobre el huésped modificando la microbiota para digerir mejor los alimentos, mejorar el sistema inmunológico y la calidad del medio ambiente en el que vive. Los microorganismos no deben considerarse probióticos si solo son responsables de la producción de nutrientes o solo de la biorremediación sin efecto en el huésped.

Los probióticos consiste en un grupo de células vivas o sustratos que brindan grandes beneficios al cuerpo, imitan el crecimiento animal, mejoran la digestión y mejoran el sistema inmunológico para evitar el estrés, por lo que los probióticos crecerán de manera más efectiva en el entorno de aplicación directa, restaurando así el suelo y el agua (Trujillo et al., 2017).

El principal método de aplicación de estos microorganismos es a través de la nutrición, que tiene un efecto beneficioso sobre la salud animal y mejora la calidad del agua cuando se aplica

directamente, al tiempo que elimina el exceso de compuestos nitrogenados y fosfatados, que han demostrado ser nocivos (Kumar et al., 2016).

### 5.15.1 Probióticos en acuicultura

Menos conocidos son los probióticos en acuicultura, ya que son más conocidos para los animales terrestres, por lo que su uso se viene utilizando desde hace muchos años. Se evaluaron los beneficios de la acuicultura de cada probiótico o combinación (Jamal et al., 2019).

El mecanismo de acción de los microorganismos es mejorar la digestibilidad y utilización de los nutrientes en el alimento balanceado mejorando el alimento balanceado (pellets) Los microorganismos consumen directamente la materia orgánica diluida en el ecosistema y mejoran el sistema inmunológico contra cualquier oportunismo en el cuerpo y tiene efecto antiviral contra cualquier peligro potencial (Priyadarshini et al., 2013).

#### 5.15.1.1 Función de los probióticos en acuicultura

Aunque los probióticos son nuevos en la acuicultura, se han realizado varios estudios para comprender su función en la acuicultura. Entre los hallazgos está que mejoraron la alimentación, el control de la flora bacteriana y la resistencia a enfermedades que son muy comunes y a las que los animales son propensos (Jefri et al., 2020).

**Tabla 7.** Cepas probióticas utilizadas en campos acuícolas.

<b>CEPA PROBIÓTICA</b>	<b>BENEFICIO</b>	<b>MODO DE APLICACIÓN</b>
<i>Bacillus cereus</i>	Control de vibrios	En el agua
<i>Bacillus licheniformis</i>	Control de la materia orgánica	En el agua
<i>Bacillus subtilis</i>	Control de <i>Vibrio harveyi</i>	En el agua
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Inmunoestimulante	En la dieta
<i>Streptococcus sp</i>		En la dieta
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Control de vibrios	En la dieta

**Fuente:** Trujillo et al. (2017).

Varios estudios en acuicultura han demostrado que los probióticos brindan varios beneficios a los organismos acuáticos, promoviendo el crecimiento animal, una mejor utilización de nutrientes y mejorando la calidad del agua y el suelo en los sistemas agrícolas. Otro beneficio de los probióticos es la mejora de la calidad del agua y del suelo, ya que, si el ambiente está libre de cualquier contaminante perjudicial para el crecimiento del animal, éste no se desarrollará adecuadamente y por lo tanto su desarrollo y supervivencia será bajo (Frederick y Sivaramakrishnan, 2017).

En la comunidad acuícola, esta bacteria es conocida como un "probiótico" con uso comercial, y brinda varios beneficios en las piscinas, como mejorar la calidad del agua, con el objetivo principal de reducir la presencia de materiales orgánicos (como el amonio). en el medio, nitritos, nitratos, fosfatos, etc., para lograr el mejor desarrollo del camarón. (Atmomarsono., et al, 2020).

#### **5.15.2 Métodos de aplicación de los probióticos**

Hay varias formas en que los probióticos se pueden utilizar en la camaronicultura, ya sea a través de tabletas que promuevan la salud animal, por otro lado, si el producto se usa para mejorar la calidad del agua, o directamente del suelo. A continuación, el suelo se somete a procesos de bioaumentación y biocontrol mediante el uso de microorganismos que contienen probióticos y cumple su función de mejorar la calidad del agua de los cultivos (Kumar., et al, 2016).

Los sistemas de acuicultura utilizan una variedad de productos, muchos de los cuales son productos biológicos, como microorganismos vivos, enzimas y extractos de plantas, que ayudan a mejorar las condiciones del suelo y el agua en el hábitat de cultivo. Son muy importantes para el buen desarrollo del animal, lo que asegura una alta tasa de supervivencia (Aranguren et al., 2020).

Los probióticos son más conocidos como agentes bioterapéuticos que, cuando se usan directamente, son efectivos para crear colonias de bacterias beneficiosas que a su vez reemplazan a las bacterias patógenas. Este tipo de bacteria es excelente para los estanques de acuicultura, ya que mejora la calidad del agua y mantiene a los animales saludables (Kuebutornye et al., 2019).

#### **5.16 Rol de los microorganismos en el proceso de la biorremediación**

Como afirma Li y Boyd (2016) que el papel principal de los microorganismos es la biorremediación, lo que tiene un efecto beneficioso en la reducción de contaminantes y permite mejorar los estanques de cultivo y la salud humana. Por lo tanto, si los probióticos no se usan adecuadamente en los cultivos, los animales pueden infectarse con patógenos que pueden afectar negativamente a los humanos.

Los planes adecuados de biorremediación utilizando flora microbiana benéfica dependen de varias condiciones, una de las cuales es la capacidad de determinar las condiciones hidrológicas, la presencia de contaminantes (sedimentos) en el suelo, la ecología de microorganismos llamados microbios y otras que pueden ocurrir durante el proceso de biorremediación (Divya et al., 2015).

Las actividades de biorremediación se realizan utilizando microorganismos benéficos, donde la estimulación se logra con nutrientes adicionales (por ejemplo, nitrógeno y fósforo, secuestrantes

de electrones de oxígeno, sustratos) o mediante la inclusión de microorganismos capaces de degradar los desechos existentes (Toledo et al., 2018).

Álava et al. (2022) nos informa que, de acuerdo a sus estudios en estanques de camarones, el éxito de la biorremediación significa que los niveles de amonio deben mantenerse bajos, en un mínimo de 0,25 ups y un rango máximo de 0,5 ups, para optimizar la desnitrificación y la cantidad de nitrógeno que se encuentra en fondo (suelo) y se libera como gas, aumentando la oxidación de sulfuro y maximizando la mineralización de sulfuro. 5 ups, optimiza la desnitrificación, elimina grandes cantidades de nitrógeno del fondo (suelo) y en forma gaseosa, aumenta la oxidación de sulfuros, maximiza la mineralización de carbono a monóxido de carbono, reduce la sedimentación de cultivos y aumenta la productividad primaria como el fitoplancton.

### 5.16.1 Tipos de microorganismos utilizados en los procesos de biorremediación

➤ **Bacillus:** Los bacilos Gram positivos se utilizan como probióticos porque pueden convertir la materia orgánica en dióxido de carbono. Las bacterias Gram negativas, por otro lado, se utilizan para convertir la materia orgánica en biomasa bacteriana (lodo) (Castillo et al., 2018).

Bacillus-bacterias tales como *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *B. cereus*, *B. coagulans*, los del género *Phenibacillus* y los *Polymyxa*, para la biorremediación de residuos de fondo de piscinas. Bacilo. Combaten la flora bacteriana creando material orgánico a partir del exceso de alimentos y desechos animales (Melgar et al., 2012).

Las especies de *Bacillus sp* se encuentran en ecosistemas de agua dulce y salobre. Varios estudios han demostrado que *Bacillus sp* puede usarse para antibióticos, producción de enzimas, solubilización de fosfato y fijación biológica de nitrógeno. Cuando estos bacilos se utilizaron en agua y piensos en diferentes dosis, se obtuvieron buenos resultados en la reducción de amonio y nitratos, al mismo tiempo que mejoraban las tasas de supervivencia de los animales y el sistema inmunológico (Liñán, 2019).

**Tabla8.** Influencias del probiótico *Bacillus* en el organismo acuático y el medio ambiente

BACILLUS	Modulación de enzimas antioxidantes
	Modulación de enzimas digestivas
	Modulación de expresiones genéticas
	Mejora de la resistencia de enfermedades
	Mejora de la calidad de agua
	Mejora de la inmunidad

**Fuente:** (Liñán, 2019).

### 5.16.2 Levaduras

*Saccharomyces cerevisiae* es la levadura más estudiada y utilizada, a menudo utilizada como levadura de panadería. Las levaduras se usan comúnmente en la acuicultura para eliminar el nitrógeno amoniacal total (TAN), mejorar la calidad del agua y del suelo (fondo) y controlar las enfermedades de los animales. Los productos de *S. cerevisiae* tienen un efecto natural en los estanques al reducir el amoníaco total y los niveles de pH en el agua, lo que afecta positivamente el crecimiento y la supervivencia de los camarones (Largo et al., 2021).

La levadura generalmente produce biomasa microbiana a partir de compuestos de nitrógeno liberados por los camarones. Los parámetros fisicoquímicos indicaron que la concentración de nitrógeno inorgánico en la columna de agua disminuyó con la adición de la concentración de carbohidratos. La levadura utiliza mucho nitrógeno en su proceso de fermentación, que la levadura absorbe como amonio para regenerar los microbios (Goncalo, 2015).

El uso de *Sacharomyces cerevisiae* reduce  $\text{NH}_3\text{-N}$ , demanda química de oxígeno (DQO), azufre en agua y sedimentos en piscinas. Sin embargo, la levadura puede actuar como un agente probiótico que regula el asentamiento de la comunidad microbiana, promueve la descomposición de materiales orgánicos y productos no deseados y reduce la producción de gases tóxicos (Phupet et al., 2018).

### 5.16.3 Enzimas

Toral (2014) nos indica que el uso directo de enzimas y microorganismos utilizados en los ecosistemas acuícolas es necesario para mejorar la calidad del agua y del suelo en los cultivos. Durante la biorremediación, las enzimas actúan como catalizadores y aceleran las reacciones bioquímicas que se encuentran en el agua y el suelo de las piscinas. Cuando se agregan enzimas al agua del estanque o se dejan en el fondo del estanque, pueden descomponer la materia orgánica que se encuentra en el cultivo de peces y camarones.

Las enzimas extracelulares como la celulasa, la proteasa y la amilasa se producen por fermentación aeróbica de materia orgánica y son producidas por microorganismos como las bacterias del género *Bacillus*.

Estas bacterias se encuentran a menudo en los sedimentos de los estanques, pero también se incorporan al agua para actuar como agentes de biorremediación. *Bacillus sp* es capaz de destruir compuestos nitrogenados y secreta varias enzimas que ayudan a acelerar la descomposición de compuestos orgánicos y tóxicos (Goncalo, 2015)



Al igual que con todos los compuestos de biorremediación catalizados por enzimas, la presencia de bacterias beneficiosas es crítica. Las enzimas aceleran los procesos microbianos al descomponer las partículas de lodo más grandes, lo que da como resultado una mayor área de superficie para que los microorganismos ataquen o se degraden. La reducción de lodos y materia orgánica muerta se logra mediante la inspección visual de la calidad del agua y del suelo (Romero y Salazar, 2016).

## **5.17 MECANISMOS DE ACCIÓN**

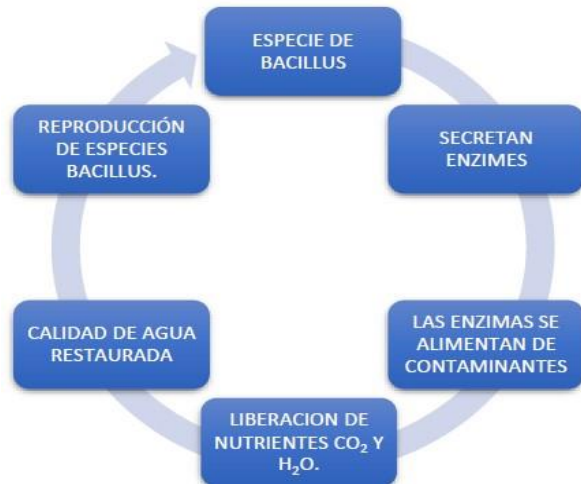
### **5.17.1 Influencia y efectos en la calidad de agua**

Las bacterias *Bacillus sp*, son vinculadas por mantener una buena calidad del agua en los cultivos. La razón por la cual las bacterias Gram positivas presentan una mejor capacidad de transformar la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, las Gram negativas se distinguen por transformar la materia orgánica en biomasa bacteriana o limo, también indican que las *Bacillus* tienen la capacidad de reducir los nitritos, nitratos y amonio del agua de cultivo de *Litopenaeus vannamei*. La bacteria *Bacillus sp*, está involucrada en el mantenimiento de una buena calidad del agua para los cultivos. La razón por la que las bacterias grampositivas tienen una mayor capacidad para convertir la materia orgánica en CO<sub>2</sub>, mientras que las bacterias gramnegativas sobresalen en la conversión de la materia orgánica en biomasa bacteriana o limo, también sugiere que *Bacillus* es capaz de reducir los nitritos, nitratos y amonio en los microorganismos salados *Litopenaeus vannamei* (Kumar et al, 2016).

Bacterias del género *Bacillus*, se convierten en partícipes de la biorremediación porque mejoran la calidad del medio ambiente junto con el suelo y el agua. Por lo tanto, cuando los camarones se encuentran en un ambiente óptimo, logran un mejor crecimiento, supervivencia y buena salud, y evitan el desarrollo de patógenos como el vibrio (Kewcharoen y Srisapoome, 2019).

El uso de la cepa *B. subtilis* a una dosis de 10<sup>8</sup> UFC/ml ayuda a mantener niveles aceptables de amonio, nitrito, iones nitrato y fosfato en el tanque de cultivo. Por otro lado, los estudios han demostrado que *B. subtilis* E20 mejora la calidad del agua en entornos acuícolas. Esta cepa de *Bacillus* se puede utilizar como agente de biorremediación que mantiene la calidad del agua y promueve el desarrollo de mariscos (Kuebutornye et al., 2019).

Otro probiótico comercial utilizado para el cultivo intensivo de *L. vannamei* son los (*Rhodopseudomonas palustris*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei* y *Saccharomyces cerevisiae*). Baja concentración de nitratos, buena calidad del agua, calidad animal, favorable crecimiento y supervivencia (Melgar et al., 2012).



**Figura 8.** Acción del *Bacillus sp.* en la mejora de la calidad de agua.

**Fuente:** (Castillo et al., 2018)

## 6. MATERIALES Y METODOS

### 6.1 SITIO DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en la camaronera HOSKINMAR-ubicado en Ecuador al sur del país, provincia de EL ORO, cantón Arenillas, en dirección a la vía de la parroquia a la Cuca (3°31'24" S, 80°04'02" W). La temperatura máxima promedio es 29° durante marzo hasta junio y la mínima es alrededor de 23°C. Dentro del mes de marzo llueve durante 19 días un total de 126 mm y en este mes hay 12 días secos en Arenillas.



**Figura 10.** Granja camaronera de estudio

**Fuente:** Autoría propia.

### 6.2 CALIDAD DEL AGUA DE POZO

*Tabla 9. Calidad de agua de pozo*

T. °C	O <sub>2</sub>	pH	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub>	Alcalinidad	Dureza
19,5	No detectable	7,7	No detectable	0,03	122	112,3

Fuente: Autoría Propia

#### 6.2.1 Manejo del sistema.

La camaronera cuenta con un sistema de cultivo intensivo de estanques recubiertos con estructura techada de 10.000 metros cuadrados (1ha) ya que esta tecnificación le sirve para mantener las temperaturas en condiciones óptimas y crecimiento efectivo de

camarón *Litopenaeus vannamei* en baja salinidades con profundidades en columna de agua de 1,75 metros.

### 6.3 BATIMETRIA

Tabla 10. Batimetría de las 3 piscinas estudiadas.

PISCINA 7 (Profundidad)	PISCINA 9 (profundidad)	PISCINA 3 (profundidad)
1,25 METROS	1,23METROS	1,27METROS

Fuente: Autoría Propia

Las tomas directas de agua para llenar las piscinas nacen en un pozo con una profundidad de 80 metros que se les distribuirá en cada poza. La salinidad promedio del agua está en 1 ups, como cabe indicar que agua de pozo viene sin ningún nutriente a excepción de minerales, por lo cual se toma un protocolo de preparación de piscinas y llenado de la misma para prevenir enfermedades en el suelo y posteriormente en agua donde proceden a enriquecer con nutrientes por medio de la fertilización y sumado a esto la proliferación de fitoplancton benéfico para el consumo de la especie a sembrar.

Se monitorearon 3 piscinas de 1 hectárea con características antes mencionadas. El estudio consistió en una evaluación de la calidad del agua durante el cultivo de camarón en baja salinidad, desde el inicio en la siembra hasta el final de la cosecha (54 días) con una misma marca de alimento, igual a la siembra, similar al número de aireadores (6 /Ha)

Desde el primer día se inició en la toma de parámetros: Potencial hidrogeno (pH), oxígeno (O), temperatura (T), nitritos (NO<sub>2</sub>), amonio (NH<sub>4</sub>), los parámetros se analizaron diariamente para notar cambios físico-químicos.

Las póstlarvas (PL14) de camarón blanco, *Litopenaeus vannamei*, (fueron obtenidas de la empresa ARPON 1®, y se sembraron a una densidad de 35 PL/m<sup>2</sup> (450,000 PL/estanque). Se realizó una siembra directa y la etapa de engorde tuvo una duración de 54 días iniciando un 20 de febrero y culminando un 16 de abril del 2023.

Se fertilizaron las piscinas antes de la siembra para fomentar la productividad primaria con dosificaciones de 5kg/ha/día utilizando el fertilizante NutriLake-P® que contiene: Nitrógeno (NO<sub>3</sub>) 14.5%, Fósforo 6.0%, Silicato 3.5%, Boro 0.03% y Sodio 23.0%.

Desde el primer día de siembra se aplicó 2 veces a la semana (7:00 am) en cada piscina una mezcla prebiótica comercial Ecubac (*Bacillus subtilis*, *Bacillus polymixa*, *Bacillus megaterium* y *Nitrobacter vulgaris*) azúcares simples 80%, aminoácidos libres 8%, péptidos y poli péptidos 2%, nitrógeno total 3%, fósforo 2%, potasio 2%, vitaminas del complejo B 2% y minerales 1%) esta

premescla probiótica , liberador de oxígeno molecular que proporciona el medio aerobio necesario para la fase exponencial del desarrollo de bacterias con una densidad poblacional de  $1 \times 10^{11}$  UFC por ml, todo este consorcio microbiano se lo desarrollo con 100 y 200 gramos de producto en 1000 litros de agua con una fuente de carbono considerada melaza la gran limeña (el producto indica que no necesita melaza por lo que es instantáneo) en el cual se la utilizo de todas formas como un potencializado para el mismo desarrollo microbiano.

Tabla 11. Contenido nutricional de probiótico usado para la experimentación.

Probiótico	Azucares simples	Aminoácidos libres	Péptidos y poli péptidos.	N - Total	Fosforo	Potasio	Vitamina B12	Minerales
	80%	8%	2%	3%	2%	2%	2%	1%

Fuente: Autoría Propia

Tabla 12. Dosis de Ecubac implementadas a cada piscina.

PISCINAS	DOSIS	OBSERVACIONES
Piscina 2	100 gramos	Leve
Piscina 1	200 gramos	Grave
Piscina 3	100 gramos	Leve

Fuente: Autoría Propia

Durante la fase de siembra hasta cosecha se utilizó el alimento balanceado Haid (Shrimpy happiness low salinity) al 40% de proteína dos veces por día (8:00 am y 6:00 pm). El análisis proximal según el fabricante indica un contenido de proteína de 40% mínimo, grasa 9.0% mínimo, fibra 4.0% máximo, humedad 12.0% máximo, y cenizas 13.0% máximo. Durante la engorda se utilizó alimento de la misma marca con un 35% de proteína cruda (PC) dentro de los análisis de dicho alimento indicó: proteína 38.19%, extracto etéreo 8.31%, fibra cruda 2.23%, humedad 6.78%, cenizas 11.62%, y energía (cal/g) 4481.02. Fósforo total en el alimento fue de 1.1 - 1.4%. La aplicación del alimento en las piscinas se las dio por medio de comederos automáticos (Eruvaka). La alimentación fue durante todo el ciclo con la que se aplicó alimento balanceado a las 3 piscinas.

Tabla 13. Dosis en base al peso húmedo del camarón

PESO DEL CAMARON	PORCENTAJE DE ALIMENTO
< 0.49	10
0.50 - 1.9	8
2.0 - 4.9	6
5.0 - 6.9	4
7.0 - 9.9	3
> 10.0	2

Fuente: Autoría Propia

#### 6.4 PLAN DE MANEJO DEL AGUA

Línea de conducción de tubería PVC de 12" para alimentar de agua a los estanques 3,7,9 para el cultivo.

- 55-60 % de recambios/día
- Caudal máximo 0,6107m<sup>3</sup>/s
- Caudal máximo 10179litros/s

Este caudal opera durante toda la fase de cultivo de camarón por 6 horas de renovación de agua, a partir de la madrugada (2:00 am hasta las 7:00 am), bajando niveles en la columna de agua hasta los 60 cm (3 tablas).

También por 2 horas durante la tarde (14:00 – 16:00 pm) se baja hasta 20 cm (1 tabla) en la columna de agua para refrescar los niveles de oxígeno.

##### 6.4.1 MUESTREO Y METODOS ANALITICOS

El oxígeno disuelto, pH, temperatura, se midieron 2 veces al día (8:00 am – 18:00 pm )mediante la sonda multiparametros YSI Professional Plus®.



Figura11.Sonda multiparametros YSI Professional plus

Para la medición de los nutrientes del agua se utilizó un Fotómetro YSI 9500, la precisión de medir el amonio en el agua es de 0-1.0 $\mu$ g/L y la de nitrito (Reactivo Fotómetro para Nitrito (NaNO<sub>2</sub>) desde 0- 0,5  $\mu$ g /l. Este instrumento por medio de sondas y fluorescencia puede determinar elementos químicos acumulados en la muestra y dar un dato numérico casi exacto medido en  $\mu$ g/L.



Figura 12. Fotómetro YSI 9500 análisis de agua.

#### **6.4.2 Evaluación de desempeño productivo**

Semanalmente se evaluó la tasa de crecimiento con una balanza digital portátil CAMRY con una capacidad de 800 gramos (precisión = 0.001 g) tomando aleatoriamente 150 organismos de 5 puntos diferentes de cada estanque. Al finalizar la evaluación se determinó el peso, la tasa de crecimiento (Tc), el factor de conversión de alimento (FCA), biomasa de cosecha y el rendimiento por unidad de área.



Figura13. Balanza gramera

#### **6.5 FORMULAS DE LA TASA DECRECIMIENTO**

Gramaje actual de los organismos =  $\text{Peso total de los animales (gramos)} / \text{Número de animales}$

#### **6.6 Formula de factor de conversión alimenticia**

FCA =  $\text{Consumo de alimento balanceado (Libras)} / \text{Biomasa total de los organismos (Libras)}$

## 7. RESULTADOS

### Datos de producción en el cultivo

En la Tabla 14 se describe que los 3 estanques intensivos tienen las mismas dimensiones 10.000m<sup>2</sup> y la cantidad de larvas sembradas es similar 450.000, quiere decir (45 camarones por metro cuadrado), el peso inicial de las larvas de *Litopenaeus vannamei* fueron de 0,08 gramos en las 3 piscinas.

*Tabla 14. Reportes durante el cultivo de camarón.*

CARACTERISTICA	PISCINA 1	PISCINA 2	PISCINA 3
Tamaño de estanque	10.000 m <sup>2</sup>	10.000 m <sup>2</sup>	10.000 m <sup>2</sup>
Siembra	450.000	450.000	450.000
Densidad (anim/m <sup>2</sup> )	45m <sup>2</sup>	45m <sup>2</sup>	45m <sup>2</sup>
Peso inicial(g)	0,08 (g)	0,08 (g)	0,08 (g)
Cosecha (libras)	12295,8	14440,14	17040,37
Peso final(g)	17,25	18,7	20,25
Crecimiento (semanal)	2,3	2,5	2,7
Alimento (Kg)	4485	4430	4445
Raciones diarias	4 DOSIS	4 DOSIS	4DOSIS
Conversion alimenticia	1:1,5	1:1,2	1:1
Supervivencia	72%	78%	85%

*Fuente: Autoría Propia*

En la piscina 1 se detecta incremento de amonio a partir del día # 32. La concentración de nitrito y el amonio en las cosechas fueron menores con un 72% de sobrevivencia (12295,8 libras). En la piscina 2 se obtuvo el 78% de sobrevivencia (14440,14 libras) también con niveles leves de amonio y nitrito a partir del día 29. Para finalizar el estanque 3 las condiciones de amonio y nitritos fueron menores a los dos estanques anteriormente descritos, con un resultado un 85% de sobrevivencia (17040,37 libras), un crecimiento por semana de 2,7 gramos. El incremento en peso fue mejor a diferencia de las piscinas 1-2 que obtuvieron incrementos semanales de (2,3;2,5) utilizando 4485 kilos de alimento en el estanque 1 ,4430 kilos en el estanque #2, 4445 kilos en el estanque 3. Técnicamente la dosificación de alimento fue homogénea durante todos los días en la mañana con un 15% de la dosis diaria en el horario de las 8 am. Un15% de la dosis diaria en el horario de 11am.



En la tarde 15:00 pm con 25% de la dosis diaria y a las 18:00 pm con 45%. Como se puede apreciar, en la noche se dosificó la con mayor cantidad de balanceado.

Al parecer en piscina 1 donde se inoculo 200 gramos de bacteria 2 veces por semana, se observó mayor concentración de amonio y nitritos en valores de 1,01 y 0,64 mg/L respectivamente. Estos valores fueron superiores a lo detectado en la piscina 2 que reportó concentraciones de 0,63 y 0,27 mg/l de amonio y nitrito respectivamente. La diferencia es más grande se observó en la piscina 3, que reportó concentraciones menores de amonio y nitrito de 0,25 y 0,12 mg/l respectivamente.

De la misma manera en la piscina 1 el pH fue de 7,62 superiores al pH de la piscina 2 y 3 que alcanzaron niveles de 7,02 y 7,22 respectivamente.

La piscina 1 reporto la menor supervivencia con 72%, siendo diferente a la piscina 2 y 3 en la que alcanzo al 78% y 85%

De acuerdo al cálculo de la conversión alimenticia se puede determinar que en el estanque 3 se obtuvieron menor utilización de balanceado, con una notable diferencia en las otras dos piscinas que reportaron mayor consumo de alimento balanceado. De manera práctica, acorde a la evaluación de los resultados del campo productivo de este trabajo, se puede demostrar que en cuestión de cultivos intensivos la regla de conversión alimenticia es más drástica y debe ser tomada en cuenta, ya que en este trabajo se demuestra que en el estanque 1 con mayor utilización de balanceado, se tuvo mayor concentración de amonio y nitrito.

Tabla 15. Valores máximos y mínimos de la temperatura y oxígeno disuelto (OD) durante la siembra hasta la cosecha.

<b>PARAMETRO</b>	<b>VALOR MAXIMO</b>	<b>VALOR MINIMO</b>
<b>Temperatura (g C)</b>		
1	33,52	28
2	34,1	28,1
3	33,41	28
<b>Oxígeno (mg/L)</b>		
1	6,1	4,8
2	6,12	5
3	5,7	4,8

*Fuente: Autoría Propia*

La tabla 15 indica que el ciclo de cultivo intensivo, durante el invierno, en las tres piscinas, los resultados en cosecha son completamente diferentes, es decir la temperatura, oxígeno, y potencial hidrogeno no presentan cambios significativos. De la misma forma se puede visualizar, que, con los datos en los 55 días de cultivo, el pH durante el día en las tres piscinas se mantiene similar. La temperatura fue similar en los tres estanques.

La tabla 16 describe los valores máximos y mínimos durante la corrida de camarón en cautiverio en sistemas intensivos son similares. Los parámetros de temperatura, oxígeno y pH no representan alteraciones durante el cultivo, pero los valores de amonio y nitrito si son diferentes como ha sido analizado previamente.

Tabla 16. Promedio y desviación estándar de parámetros fisicoquímicos del agua.

CARACTERISTICAS DEL AGUA	PISCINA 1		PISCINA 2		PISCINA 3	
	$\bar{x}$	$\Sigma$	$\bar{x}$	$\Sigma$	$\bar{x}$	$\Sigma$
<b>Temperatura</b>	30,54	± 1,54	31,04	± 1,21	30,41	± 1,43
<b>Oxigeno</b>	5,20	± 0,28	5,37	± 0,32	5,16	± 0,20
<b>pH</b>	7,62	± 0,41	7,02	± 0,23	7,22	± 0,18
<b>Amonio</b>	1,01	± 0,98	0,63	± 0,73	0,25	± 0,41
<b>Nitrito</b>	0,64	± 0,72	0,27	± 0,44	0,12	± 0,25

Fuente: Autoría Propia

En la figura 14 se observa los valores de amonio ionizado de los tres estanques a lo largo del desarrollo del cultivo durante los 55 días. En la figura se puede demostrar que el mayor incremento de amonio fue en la piscina #1 alcanzando valores al día quince 0,06 ml /L siendo el menor y mayores a 2 ml / litro 2,9 ml/L en el día 43 de cultivo. Como se puede apreciar los niveles de amonio son excesivamente variantes y aumentan con el pasar de los días limitando el crecimiento y a la vez sumando mortalidades en tiempos inmediatos.

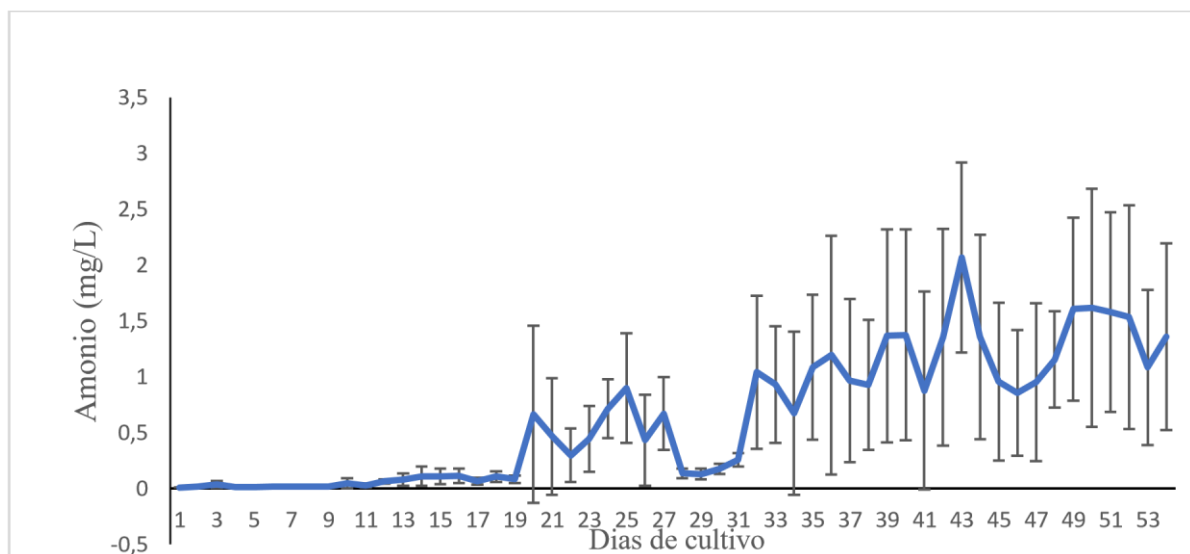


Figura 14. Concentración de amonio durante el cultivo en las tres piscinas durante el cultivo de camarón.

En la piscina #2 el incremento de amonio ionizado es considerablemente mediano su aumento 0,01 ml /litro siendo el más bajo y el más alto de 2,65 ml/litro en el día 52 conllevando consigo mismos problemas en las poblaciones sembradas y mortalidades que se reflejan al final de la corrida.

Con respecto a la piscina #3 no se apreciaron variaciones fuertes a lo largo del cultivo de *Pennaeus vannamei* en los 55 días de cultivo donde el valor menor fue 0,01 ml por litro y el mayor es de 0,65 ml /litro, como resultado en la cosecha obtuvieron mayor cantidad de libras por una mejor sobrevivencia y resultados eficientes.

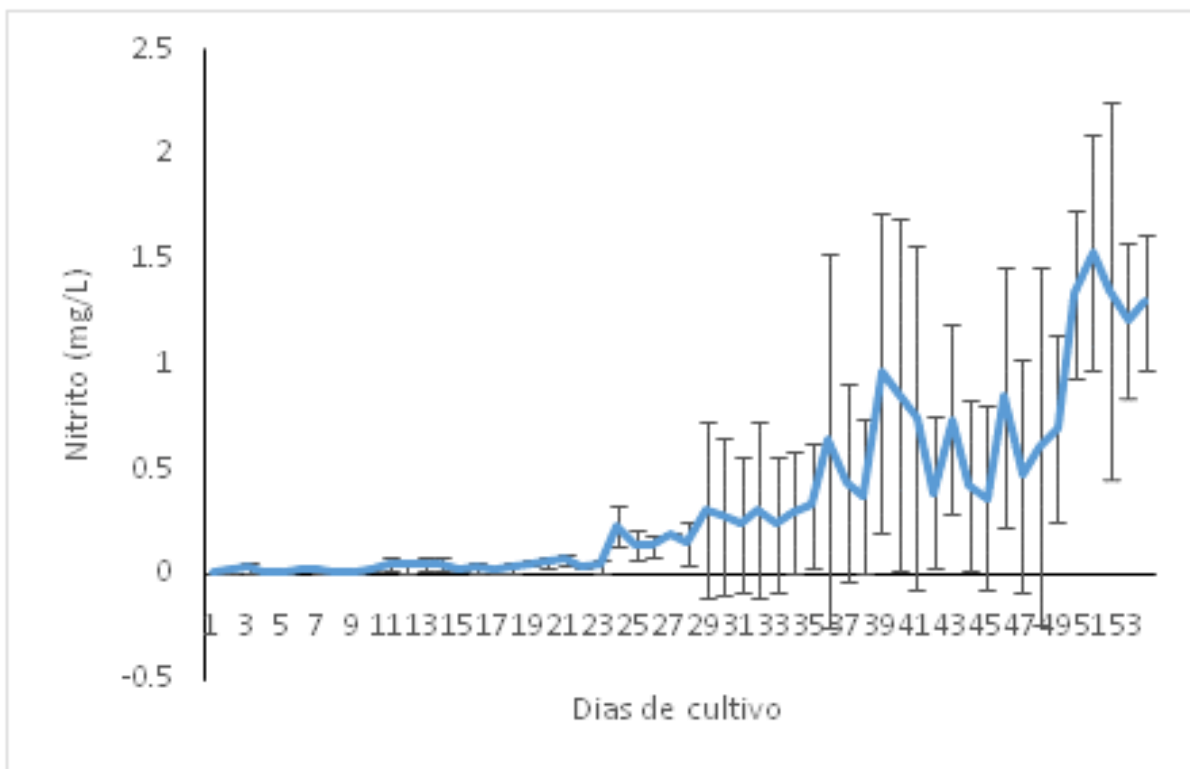


Figura 15. Concentración de nitrito durante el cultivo en las tres piscinas durante el cultivo de camarón.

En la figura 15 se observa los valores de nitrito de los 3 estanques a lo largo del desarrollo del cultivo durante los 55 días. En la ilustración se puede demostrar que la piscina #1 se registró la mayor concentración de amonio alcanzando valores al día quince 0,01 ml/L siendo el menor y mayores a 2 ml / litro 2,3 ml/L en el día cincuenta y dos. Tal como se puede apreciar los niveles de nitrito son variables y aumentan con el pasar de los días limitando el crecimiento y a la vez sumando mortalidades en tiempos inmediatos.

En la piscina #2 el incremento de nitrito aumento a 0,01 ml/L siendo el más bajo durante el cultivo de ese estanque. El más alto valor de 1,86 ml/L fue en el día 53, lo cual puede haber alterado la salud de los camarones que incidió en la supervivencia registrada al final de la cosecha.

Con respecto a la piscina #3 no se reportaron elevaciones de nitrito a lo largo del cultivo de *Litopenaeus vannamei* en los 55 días de cultivo donde el valor menor fue 0,01 ml por litro y el mayor es de 0,96 ml /litro en el día 53, como resultado en la cosecha obtuvieron mayor cantidad de libras por una mejor sobrevivencia y resultados eficientes.

## 8. DISCUSION

En general de acuerdo con el resultado del coeficiente de variación, los datos presentaron una variabilidad en la concentración de nitritos en el agua de 0,5% para el estanque número 1, 0,2 % para el estanque 2, y 0,06% para el estanque número 3. Así mismo, la concentración de amonio presento una variabilidad de 0,9 para el estanque 1, 0,5 para el estanque 2 y 0,1 para el estanque 3. Esto explica que las variaciones de amonio fueron más severas en el estanque 1, siguiendo en orden el estanque 2, y la menor variabilidad se determinó en el estanque 3. En este sentido, la posible respuesta de la población de camarones en cultivo puede ser según la tolerancia a la concentración máxima que ocurren en el sistema y a la variabilidad de uno o ambos parámetros. Las concentraciones más altas de amonio y nitrito fueron observadas a partir del día 19 de cultivo en los tres estanques, aspecto que permite entender el rol de la materia orgánica en estos sistemas y sus efectos en la calidad del agua.

La tolerancia de camarones a compuestos nitrogenados como el Amoniac y el Nitrito disminuye conforme decrece la salinidad (Schuler et al., 2010; Rochin et al., 2017). Cuando los niveles de estos elementos están fuera del rango tolerable puede causar en los camarones baja ingesta de alimento, limitado crecimiento, aumento de consumo de oxígeno y finalmente puede incidir en moderadas o altas mortalidades (Romano y Zeng, 2013). Se ha reportado que, salinidad de 1 a 3 ups en postlarvas de *Litopenaeus vannamei* la toxicidad del amonio y nitrito aumentó conforme decrecía la salinidad, especialmente con el nitrito. Los niveles seguros de amonio a la salinidad de 1 a 3 ups son de 0.54 a 0.81 mg/L para amonio total y 0.17 a 0.25 mg/L para nitrito (Valencia et al., 2018). Resultados similares se obtuvieron a 3 ups de salinidad en los cuales los niveles de seguridad propuestos de exposición a nitrógeno amoniacal total, nitrito y nitrato para *L. vannamei* son 1,45, 0,53 y 45,0 mg/L respectivamente. Además, se ha conocido que, cuando están conjuntamente actuando estos tres compuestos los niveles de toxicidad varían a un nivel de 0.48, 0.08 y 14.6 mg/L para nitrógeno amoniacal total, nitrito y nitrato, respectivamente, incrementándose el efecto tóxico (Vanegas et al., 2019). Resultados similares obtuvo Fregoso et al., (2017) en el cual trabajaron a 1.9 ups de salinidad, a diferente densidad poblacional. El autor reportó valores en una piscina de cultivo de camarón con  $2.31 \pm 1.38$  mg/L de nitrógeno amoniacal total,  $0.18 \pm 0.49$  mg/L de nitrito – y  $6.83 \pm 6,52$  mg/L de nitrato, resultando en una supervivencia del 11,9%. El mismo estudio indico que valores de  $0,97 \pm 0,73$  mg/L de nitrógeno amoniacal total,  $0,05 \pm 0,21$  mg/L nitrito – y  $0,63 \pm 0,70$  mg/L de nitrato, resultaron en una supervivencia de 87,7%. Tal como lo mencionan los

anteriores autores, en los camarones afectados con altas concentraciones de amonio y nitrito se detectaron alteraciones histológicas y morfológicas dejando en claro lo que causa la toxicidad de estos dos compuestos. Adicionalmente, Li et al., (2007) indican que los camarones no deben exponerse a más de 0,47 mg/L de nitrógeno amoniacal total y 0,08 mg/L de amonio no ionizable. Se indica que las concentraciones no deben sobrepasar los 0.45 a 0.62 mg/ L de nitrito para prevenir alteraciones en el metabolismo u otros efectos adversos en el camarón *L vannamei*. El efecto reportado de concentraciones de estos parámetros fuera de los límites de tolerancia causa un efecto que resulta en la alteración de los procesos fisiológicos tales como el crecimiento, la respiración, la reproducción y presencia de enfermedades Gross et al., (2004); Ramírez et al., (2017).

Concentrando atención en el compuesto nitrito, Goncalo (2015) ha advertido que niveles de nitrito a 2 ups y a bajas salinidades es altamente tóxico y mortal para camarones y peces. Corroborando con los autores anteriores mencionados, en el presente estudio exploratorio del cultivo de camarón en sistemas de agua dulce en la Provincia de El Oro, Ecuador y a 0 ups de salinidad, los valores oscilaron entre 0.41 a 1.01 mg/ L para amonio y 0.12 a 0.64 mg/ L para nitrito, evidenciándose que mayor mortalidad y menor productividad se encontró en el estanque # 1 y 2 coincidiendo con mayores niveles de amonio y nitrito. De esta manera se enfatiza que niveles altos o fuera del rango de estos compuestos en periodos de exposición de alrededor de 24 horas, causan estrés fisiológico. Se asume que los niveles registrados estuvieron en un tiempo de 24 horas, ya que cada día se realizaron recambios de agua. Es decir que sin recambio la mortalidad podría haber sido superior. Así mismo, es necesario analizar que la temperatura juega un papel fundamental en este aspecto. La temperatura registrada en este caso alcanzo a 34°C, lo cual aumenta el consumo de oxígeno en los camarones y por ende el nivel de incidencia de los valores de otros parámetros como el amonio y el nitrito son severos. En casos más graves, la muerte de los organismos en producción ya sean leves o masivas se dan según la concentración de los compuestos amonio y nitrito, la temperatura y la salinidad. Por ende, es muy importante tener en cuenta en los cultivos de baja salinidad la toxicidad que pueden generar los metabolitos tóxicos cuando sobrepasan los rangos permitidos para la especie *Litopenaeus vannamei*.

En el estanque 2 la supervivencia fue 78%, con valores máximos y mínimos de amonio y nitrito que estuvieron a una concentración de 2.65mg/L y 0.01mg/L para amonio y 1.86 mg/L y 0.01 mg/L. Estos valores están por encima de lo que han reportado otras investigaciones. En el estanque # 3 se obtuvo la mayor supervivencia con valores

máximos y mínimos de amonio y nitrito que estuvieron a una concentración de 0.65mg/L y 0.01mg/L para amonio y 0.96mg/L y 0,01mg/L para nitrito. Estos valores están por debajo de lo que han reportado otras investigaciones. Por último, en el estanque # 1 la supervivencia fue de 72%, con valores máximos y mínimos de amonio y nitrito que estuvieron a una concentración de 2.9mg/L y 0.01 para amonio y 2.3 y 0.01 para nitrito. Estos valores de igual forma están por encima de lo que han reportado otras investigaciones. Lo que corrobora con investigaciones previamente analizadas que indican que elevadas concentraciones de amonio y nitrito si incide directamente sobre la sobrevivencia del camarón.

Cabe indicar que en el estanque 1 se colocó mayor cantidad de bacterias benéficas que contenían varias especies de microorganismos. La adición de bacterias permitió mantener el pH en niveles aceptables. Sin embargo, fue la que menos supervivencia registró de los tres estanques estudiados. No es posible determinar si las bacterias incidieron directamente de manera positiva o negativa en las concentraciones de amonio y por ende en la supervivencia de los camarones.

En el campo productivo investigado en este trabajo el manejo de la calidad del agua obedece al incremento de las concentraciones de amonio y nitritos en el agua a partir del día 19 en prácticamente todos los estanques de cultivo. Es preciso indicar que este comportamiento de incremento de amonio y nitrito obedece a la reacción con el oxígeno disuelto en el agua, que en este caso fueron sobre 5 mg/L en todos los casos. El cultivo de camarón en agua dulce bajo condiciones de cultivo sin aireación en el Ecuador ha sido reportado con concentraciones de amonio y nitrito bastante menores a los niveles reportados en este estudio (Velasquez et al., 2023). En el presente trabajo, se pudo observar una reacción inmediata de parte de los productores ejerciendo recambios de agua, cuyo efecto permite reducir el nivel de incidencia tóxica de estos compuestos. Es decir que posiblemente los tiempos de exposición a niveles tóxicos fueron mínimos con una incidencia mínima en la supervivencia de los camarones. Por otro lado, es también importante resaltar que hay diferencias en la técnica analítica de cada estudio señalado en este trabajo, en algunos reportes científicos la técnica utilizada es mediante métodos estándar en laboratorio y en el presente caso fue mediante el uso diagnóstico rápido utilizando un fotómetro YSI en campo. La acción de consorcios bacterianos mediante aplicaciones de dos veces por semana, en los que están presentes *Bacillus sp*, *Lactobacillus* y levaduras, parece ser contribuye sustancialmente en la sostenibilidad de la calidad del agua reflejada en el pH y la supervivencia que en general fue sobre el 70%.

## 9. CONCLUSION

En el sistema de cultivo intensivo de camarón a 0,5 ups de salinidad, se determinó que las concentraciones de amonio y de nitrito en el estanque 1 fueron entre 0,01 a 2,06 mg/L y 0,01 a 1,53 mg/L respectivamente con una supervivencia de 72%.

En el sistema de cultivo intensivo de camarón a 0,5 ups de salinidad se determinó que las concentraciones de amonio y de nitrito en el estanque 2 fueron entre 0,01 a 2,06 mg/L y 0,01 a 1,53 mg/L respectivamente con una supervivencia de 78%.

En el sistema de cultivo intensivo de camarón a 0,5 ups de salinidad se determinó que las concentraciones de amonio y de nitrito en el estanque 3 fueron entre 0,01 a 2,06 mg/L y 0,01 a 1,53 mg/L respectivamente con una supervivencia de 85%.

En todos los estanques de cultivo el amonio y nitrito se incrementaron partir del día 19 de cultivo. Las concentraciones de nitrito y amonio de los primeros 19 días no superan los valores 0,05 mg/L de nitrito y 0,06 mg/l de amonio. A partir del día 20 en adelante los valores de amonio aumentan desde 0,1 hasta 2,5 mg/litro y nitritos desde 0,1 hasta 1,98 mg/L respectivamente.

El oxígeno disuelto estuvo sobre 4 mg/L durante todo el cultivo en los tres estanques, incidiendo en la transformación de los compuestos nitrogenados. Asimismo, el pH se mantuvo por debajo de 8, lo cual permite evidenciar que el manejo del agua fue bastante aceptable en el sostenimiento de este parámetro.

La temperatura en todos los estanques fluctuó entre 28 a 34 grados centígrados pudiendo haber incidido en la respuesta fisiológica de los camarones cuando se incrementan los valores de amonio y nitrito y la existencia de altas temperaturas.



## 10. Bibliografía

- Araneda, M., Gasca, E., Vela, M., & Domínguez, R. (2020). Effects of temperature and stocking density on intensive culture of Pacific white shrimp in freshwater. *Journal of Thermal Biology*. *Journal of Thermal Biology*, 94, 102756  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456520305283?via%3Dihub>
- Aranguren, L., Hung, N. M., Noble, B., & Arun, D. (2020). Enfermedad de necrosis hepatopancreática aguda ( VP AHPND ), una enfermedad crónica en la población de camarón ( *Penaeus vannamei* ) criada en América Latina. *Revista de patología de invertebrados*. ISSN 0022-2011 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022201120301300?via%3Dihub>
- Arzola, J. P. (2013). Supervivencia de postlarvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* a diferentes salinidad y temperaturas. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia Córdoba*, 3618-3625. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/mvz/v18s1/v18supla04.pdf>
- Atmomarsono, M., Nurbaya, Nurhidayah, & Susianingsih, E. (2020). Uso de probióticos en polvo en el cultivo extensivo de camarón tigre. *IopScience. Earth Environ. Sci.* 564 012045. DOI 10.1088/1755-1315/564/1/012045 Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/564/1/012045>
- B, S., & Khasim, B. S. (2014). Biorremediación de amoníaco de aguas residuales contaminadas. *Revista Estadounidense de Investigación Microbiológica*, 201-210. Obtenido de <http://pubs.sciepub.com/ajmr/2/6/6/index.html>
- Boyd, C.E. (1990) Water quality in ponds for aquaculture. Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama, 482 pages.
- Boyd, C. E. and D. Gautier. 2000. Effluent composition and water quality standards. *Global Aquaculture Advocate* 3(5):61-66.
- Boyd, C. (2010). Abundance of Ammonia-Oxidizing Archaea and Bacteria along an Estuarine Salinity Gradient in Relation to Potential Nitrification Rates. *Applied and Environmental Microbiology*. 76(4), 1285-1289. DOI: 10.1128/AEM.02018-091285-9.37-38
- Camara Nacional de Acuicultura. (2018). Más de 900 millones de libras de Camarón ecuatoriano se exportaron en el 2017. *Camara Nacional de Acuicultura*, 1-2. Obtenido de <https://www.cna-ecuador.com/mas-de-900-millones-de-libras-de-camaronecuatoriano-se-exportaron-en-el-2017/>
- Camargo, J. &. (2007). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas*. 16(2). *Revista científica de ecología y medio ambiente*. Obtenido de <http://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/457>
- Carbajal, J., Sánchez, L., Hernández, I., & Hernández, J. (2021). A model based on an artificial neural network for assessing water quality on large shrimp farms. *Tecnología y ciencias del agua*, 71-89. doi: <https://doi.org/10.24850/j-tyca2017-05-05>
- Cárcamo Blanco, R. J., & Vallecillo Ruiz, M. M. (2011). Comparación de dos condiciones del manejo del parámetro físico del agua (temperatura alta con retención de calor y con

temperatura ambiente) sobre los parámetros poblacionales de camarón *Litopenaeus vannamei* en etapa de postlarva (PL12-PL42 días) (Doctoral dissertation).

- Carranza, E. O. (2018). Manual de producción de fincas: para mejorar la competitividad en el cultivo del camarón. (Funder, Ed.) Tegucigalpa, Francisco Morazán, Honduras.
- Castillo, F. (2005). Evaluación comparativa de las tecnologías EM y Convencional en sistema de producción extensiva de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*). *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 12. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/40078/1/D-79394.pdf>
- Cobo, R., & Pérez, L. (2018). Aspectos generales del cultivo y la genética del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *AquaDocs Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 18-23. Obtenido de <https://aquadocs.org/handle/1834/15129>
- Coello, J. (2020). Evaluación económica del camarón (*litopenaeus vannamei*) en el sistema de transferencia con precría en la parroquia Tenguel, provincia de Guayas. Machala, El Oro, Ecuador: Machala : Universidad Técnica de Machala. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15510/1/TTUACA-2020-EADE00001.pdf>
- Curbelo, C., Núñez, A., Véliz, E., & Fanego, S. (2018). Despigmantación de Residuos de Camarón CON Ozono. *Centro Azucar*, 4-5.
- Divya, M., Raju, P., Santhanam, P., Dinesh, K., & Ambika, B. (2022). Eficacia de microalgas inmovilizadas con alginato en la biorremediación de aguas residuales de acuicultura de camarón. *ScienceDirect*, 196-202. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359511322003130>
- Egna, H., & Boyd, C. (1997). Dinamica de los Estanques En Acuicultura. Dirección de Acuicultura. Capitulo 5. Obtenido de [https://www.produccionanimal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/05-acuicultura\\_sagpya.pdf](https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/05-acuicultura_sagpya.pdf)
- Emerenciano, M. G., Rombenso, A. N., Vieira, F. D. N., Martins, M. A., Coman, G. J., Truong, H. H., ... & Simon, C. J. (2022). Intensification of penaeid shrimp culture: an applied review of advances in production systems, nutrition and breeding. *Animals*, 12(3), 236.
- Fathurrahman, L., Hamid, S. H. A., Din, W. N. S., Khatoon, H., Jusoh, A., & Endut, A. (2014). Symbiotic bioremediation of aquaculture wastewater in reducing ammonia and phosphorus utilizing Effective Microorganism (EM-1) and microalgae (*Chlorella* sp.). *International Biodeterioration & Biodegradation*, 95, 127-134.
- Frederick, T., & Sivaramkrishnan, K. G. (2017). Evaluation of Probiotics for Improving Physicochemical Parameters in Tiger Shrimp Culture Pond. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 11(4), 2023-2026
- Frías-Espéricueta, M. G., & Páez-Osuna, F. (2001). Toxicidad de los compuestos del nitrógeno en camarones. *Camaronicultura y medio ambiente*, 253-276. Gattorno, J., &

- Pocasangre, A. (2019). Comportamiento de la estratificación térmica en una laguna de estabilización facultativa. *Agua, Saneamiento y Ambiente*, 119-134. doi:<https://doi.org/10.36829/08ASA.v14i1.1208>
- Goncalo, S. (2015). El papel de la biorremediación en el manejo de la calidad del agua. *International Aquafeed*. Obtenido de [https://aquafeed.co/entrada/el-papel-de-laborremediacion-en-el-manejo-de-la-calidad-del-agua-20399/Volumen 16 ISSN: 14640058](https://aquafeed.co/entrada/el-papel-de-laborremediacion-en-el-manejo-de-la-calidad-del-agua-20399/Volumen%2016%20ISSN%3A14640058)
- Hagopian, D. S., and Riley, J. G. (1998). A closer look at the bacteriology of nitrification. *Aquacultural Engineering*, 18(4), 223-244. doi: 10.1016/S0144-8609(98)00032-6
- Hawws, R., & Cabanillas, J. A. (2005). Buenas prácticas de manejo para el cultivo de camarón.
- Hernández Gurrola, J. A. (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.
- IBARRA RODRIGUEZ, D. I. A. N. A. (2015). TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS PROVENIENTES DE RESIDUOS DE MANEJO ESPECIAL APLICANDO LA BIORREMEDIACION. CONACYT.
- Industria Acuícola. (2017). El Parámetro de Calidad del Agua a Menudo Ignorado: pH. *Industria acuícola*, 8-14. Obtenido de [https://issuu.com/industriaacuicola/docs/revista13.3\\_impresionchecklist](https://issuu.com/industriaacuicola/docs/revista13.3_impresionchecklist)
- Jiménez, R., Zamora, J., & Zúñiga, G. (2015). Determinación del flujo de agua para la biorremediación en sistemas recirculados acuiculturales utilizando tapetes microbianos construidos. *Latin american journal of aquatic research*, 234-237. doi: <http://dx.doi.org/10.3856/vol43-issue1-fulltext-20>
- Kewcharoen, W., & Srisapoome, P. (s.f.). robiotic effects of *Bacillus* spp. from Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) on water quality and shrimp growth, immune responses, and resistance to *Vibrio parahaemolyticus* (AHPND strains). *Fish & Shellfish*, 175-189. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.09.013>
- Kuebutornye, F., Abarike, E., & Lu, Y. (2019). A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture. *Fish & Shellfish Immunology*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.010>
- Kumar, V., Roy, S., Meena, D. K., & Sarkar, U. K. (2016). Application of probiotics in shrimp aquaculture: importance, mechanisms of action, and methods of administration. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 24(4), 342-368.
- Lara-Espinoza, C. L., Espinosa-Plascencia, A., Rivera-Domínguez, M., Astorga-Cienfuegos, K. R., Acedo-Félix, E., & del Carmen Bermúdez-Almada, M. (2016). Desarrollo de camarón *Litopenaeus vannamei* en un sistema de cultivo intensivo con biofloc y nulo recambio de agua. *Revista AquaTIC*, (43), 1-13.
- Lizarazo, K., & Quiroga, L. (2020). Técnicas de biorremediación para tratamiento de efluentes en acuicultura. *Repositorio Institucional RI-UTS*. Obtenido de <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/3808>
- Puente Carreón, E. (2009). Respuestas fisiológicas de juveniles de camaron blanco *Litopenaeus vannamei*, a condiciones oscilantes de oxigeno disuelto y temperatura (Doctoral

dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas).

- López, K. M. D., Romero, H. C., & Cevallos, H. A. V. (2020). Análisis de rentabilidad económica del camarón (*Litopenaeus vannamei*) en el sitio Balao Chico, provincia del Guayas. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(1), 450-476.
- Mayer, E. (2012). Control de la calidad del agua de estanques para mejorar la producción de camarones y peces. *BIOMIN Holding GmbH. Austria. (Consulta 10 de enero del 2023)*. Obtenido de <https://cap.auburn.edu/blog/2012/05/control-de-la-calidad-del-agua-deestanques-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces/?lang=es>
- Melgar, C., Barba, E., Álvarez-González, C., Tovilla, C., & Sánchez, A. (2012). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Revista biológica tropical*. Obtenido de <https://lacolina.com.ec/sector-camaronero-enecuador/>
- Millard, R., Ellis, R., Bateman, K., Bickley, L., Tyler, C., Aerle, R., & Santos, E. (2021). ¿Cómo influyen las condiciones ambientales abióticas en la susceptibilidad del camarón a las enfermedades? Un análisis crítico centrado en la enfermedad de la mancha blanca. *Journal of Invertebrate Pathology*, 1. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107369>
- Navarrete, J., Noles, P., Delgado, C., & Nancy, H. (2022). Biorremediación de efluentes del cultivo de camarón por medio de consorcios microbianos autóctonos y microalgas nativas en Manabí, Ecuador. *AquaTechnica Revista Iberoamericana de Acuicultura*, 55-65. doi:10.33936/at.v4i1.4635
- Nunes, A. J. P., and C. V. Lopez. (2001). Low-salinity, inland shrimp culture in Brazil and Ecuador—economics, disease issues move farms away from coasts. *Global Aquaculture Advocate* 4.3 62-64.
- FAO. (1988). Manual para la cria de Camarones Pleneidos. Brasilia, Brasil: FAO.
- Paredes, J., & Rodríguez, J. (28 de agosto de 2020). Monitoreo de los parámetros de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) en San Luis La Herradura, La Paz. San Vicente, El Salvador: Universidad De El Salvador. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/355870934.pdf>
- Peña, L. (05 de Julio de 2017). El Sector Camaronero del Ecuador y las Políticas Sectoriales:. Quito, Pichincha, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13763/Disertaci%3%b3n%20Luis%20Pe%3%b1a%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peña, N., & Varela, A. (2016). Prevalencia de las principales enfermedades infecciosas en el camarón blanco *Penaeus vannamei* cultivado en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *biología marina y oceanografía*, 1-2. Obtenido de <https://dx.doi.org/10.4067/S071819572016000300007>
- Pico-Lozano, E., & Mendoza-Intriago, M. (2020). Evaluación de la calidad del agua de mar en la desembocadura del Río Manta y sus efectos en la supervivencia de larvas de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*). *Ciencias del Mar y Acuicultura "YAKU"*, 14-

18. Obtenido de  
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/yaku/article/view/9/41>
- Saborío, A., Almanza, M., Sandoval, E., & Obregón, A. (2002). Calidad de agua en efluentes y afluentes de catorce granjas camaroneras. *Encuentro*, 14-19. Obtenido de <file:///C:/Users/NINO/Downloads/3896.pdf>
- Santacruz-Reyes, R. A., & Chien, Y. H. (2012). The potential of *Yucca schidigera* extract to reduce the ammonia pollution from shrimp farming. *Bioresource Technology*, 113, 311-314.
- Santana, J., Macías, R., Andrade, J., & Villacreces, G. (2022). Análisis comparativo de la producción camaronera en Ecuador en el periodo 2010-2020. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*. 6(1), 1-9. Obtenido de <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESOS/article/view/849>
- Santos, A. (2014). Biorremediación en sistemas acuícolas. *International Aquafeed Goncalo*. Obtenido de <https://www.balnova.com/biorremediacion-en-sistemas-acuicolas/>
- Saraswathy, R. M. (2020). Osmo-ionic regulation in whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei*, exposed to climate change-induced low salinities. *Aquaculture Research*, 771-782. doi: <https://doi.org/10.1111/are.14933>
- Saubot, P. (2002). El ciclo del nitrógeno en los estanques. *Estanques y Peces. Argentina*. Obtenido de [http://www.estanquesypeces.com/estanques/ciclo\\_del\\_nitrogeno.htm](http://www.estanquesypeces.com/estanques/ciclo_del_nitrogeno.htm)
- Silberio, G., Juárez, A., Olivier, B., Rivas, M., & Zeferino, J. (2018). Variables Físicoquímicas Ambientales Que Inciden En El Cultivo De Camarón *Litopenaeus Vannamei*, En Coyoaca De Benítez, Guerrero, México. 5(2), 135-155. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*. Obtenido de [https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/7-2018\\_RMAE-20-camaron-to-edit.pdf](https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/7-2018_RMAE-20-camaron-to-edit.pdf)
- Sosa, C. (18 de Febrero de 2018). La estrategia del camarón. *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/opinion/columnista-analisis-estrategia-camaronexportaciones.html>
- Supriatna, Koesman, Hariati, & Mahmudi. (2017). Dissolved oxygen models in intensive culture of whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in East Java, Indonesia. *AAFL Bioflux*. Obtenido de <http://www.bioflux.com.ro/docs/2017.768-778.pdf>
- Timmons, B., Ebeling, M., & Piedrahita, H. (2009). Acuicultura en sistemas de recirculación. *Ithaca, USA: Cayuga Aqua Ventures*.
- Toledo, A., Castillo, N., Carrillo, O., & Arenal, A. (2018). Probióticos: una realidad en el cultivo de camarones. *Revista de Producción Animal*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-79202018000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202018000200009)
- Torres Ríos, W. C. (2019). Biorremediación del agua recirculante en el cultivo intensivo del camarón blanco, utilizando microbiota autóctona del ecosistema del mangle rojo. Tesis doctoral.
- Ullman, C., Rhodes, M., Hanson, T., Cline, D., & Davis, D. A. (2019). Effects of four different feeding techniques on the pond culture of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 50(1), 54-64.

- Ullsco, E., Garzón, V., Quezada, J., & Salomón, U. (01 de Junio de 2021). *SCRIBD*. Obtenido de Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero en el Ecuador: <https://es.scribd.com/document/619493338/418-1514-2-PB>
- Vaca-Núñez, G. S., Correa, J. G., & Gonzalez-Hermoso, J. P. (2023). Elaboración y determinación de la eficiencia de dos filtros biológicos evaluados en un cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en sistemas de recirculación acuícola. *Acta Pesquera*, 9(17).
- Valdes, C. E., Everardo Barba , M., Alvarez Gonzales, C., Tovillas Hernandez, C., & Sanchez, A. (2013). Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Revista de Biología Tropical*, vol.61, 0034-7744. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442013000400018#1](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400018#1)
- Valenzuela-Quiñonez, W. R.-Q.-L. (2010). Cultivo Intensivo de Camarón Blanco *Litopenaeus vannamei* (BOONE) En agua de pozo de baja salinidad como alternativa Acuícola para zonas de alta marginaciój. *Ra Ximhai*, 5-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/461/46112896001.pdf>
- Varas, M., Leslie, L., Villacis, U., & Alcívar, C. (2017). Alimentación sistematizada vs Alimentación tradicional en la producción de camarón *Vannamei*. *Polo del Conocimiento*, 448. Obtenido de file:///C:/Users/NINO/Downloads/253-548-2-PB.pdf
- Varela, A. (2021). Volumen de agua disponible para el desove de hembras del camarón marino. *AquaTechnica*, 1-8. Obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/aquatechnica/article/view/3438/330>
- Velasquez P.C., Solorzano J., Ochoa P., Solano Galo., Quizhpe P., Guillen R. (2023). Caracterización de la calidad del agua durante el cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* con agua dulce en el Sur del Ecuador. 10(2):74-87. <https://doi.org/10.36610/j.jsaas.2023.100200074>

ANEXOS



Figure 6 TOMANDO PARAMETROS DE SALINIDAD

Figure 5 TOMANDO PARAMETRO DE PH

Figure 4 JEFE CAMPO DE LA EMPRESA