



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**INCIDENCIAS DE LA PRESENCIA DE AMONIO(NH) EN EL
CRECIMIENTO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*) EN PISCINAS
CAMARONERAS.**

**SANCHEZ ELIZALDE YECENIA KATHERINE
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**INCIDENCIAS DE LA PRESENCIA DE AMONIO(NH) EN EL
CRECIMIENTO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*) EN
PISCINAS CAMARONERAS.**

**SANCHEZ ELIZALDE YECENIA KATHERINE
INGENIERA ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

EXAMEN DE GRADO O FIN DE CARRERA DE CARÁCTER COMPLEXIVO

**INCIDENCIAS DE LA PRESENCIA DE AMONIO(NH) EN EL
CRECIMIENTO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*) EN
PISCINAS CAMARONERAS.**

**SANCHEZ ELIZALDE YECENIA KATHERINE
INGENIERA ACUICOLA**

RIVERA INTRIAGO LEONOR MARGARITA

**MACHALA
2023**

INCIDENCIAS DE LA PRESENCIA DE AMONIO(NH₄) EN EL CRECIMIENTO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*) EN PISCINAS CAMARONERAS.

por Yecenia Sánchez

Fecha de entrega: 02-oct-2023 08:26p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2183896321

Nombre del archivo: TRABAJO_COMPLEXIVO_DE_YECENIA_SANCHEZ.docx (358.5K)

Total de palabras: 7200

Total de caracteres: 41114

INCIDENCIAS DE LA PRESENCIA DE AMONIO(NH₄) EN EL CRECIMIENTO DE CAMARÓN (Litopenaeus vannamei) EN PISCINAS CAMARONERAS.

INFORME DE ORIGINALIDAD

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20%

Excluir bibliografía

Activo

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


La que suscribe, SANCHEZ ELIZALDE YECENIA KATHERINE, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado INCIDENCIAS DE LA PRESENCIA DE AMONIO(NH₄) EN EL CRECIMIENTO DE CAMARÓN (*Litopenaeus vannamei*) EN PISCINAS CAMARONERAS., 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.

La autora 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.

La autora 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.



SANCHEZ ELIZALDE YECENIA KATHERINE

0705679082

Resumen

El cultivo del camarón (*Litopenaeus vannamei*) en piscinas camaroneras en la década de los 60 surgió la industria camaronera en Ecuador, desde entonces es una de las actividades más importantes en el país por su desarrollo productivo. Las variables fisicoquímicas óptimas son las siguientes: temperatura 25-32 °C; turbidez se mantiene 30 cm – 45 cm; pH de 7,5 – 8,5. Hay que considerar la salinidad en un sistema de cultivo pueden variar según dónde se encuentre. Las cuales pueden ser; salinidad dulce 0,5 ppt; salobre 15 ppt y salinidad de 37 ppt, es importante tener en cuenta estas variables para considerar la toxicidad de amonio presentes en los cultivos. El amonio en el cultivo de camarón es un contaminante de agua y suelo factor limitante e intensivos debido a que se realizan diferentes densidades de siembra. Las concentraciones de amonio en el cultivo son por debajo de 2 mg/L, pueden tolerar mayores rangos de amoniaco de 0,6 – 2 mg/L por periodos cortos, amoniaco 5 mg/L soluciones de 10 y 15 mg/l es toxico causa mortalidad. Los nitritos valores máximos a 0,8 mg/L son tóxicos para los camarones. La presente revisión bibliográfica tiene como objetivo establecer la incidencia que el amonio (NH₄) y como ejerce sobre el crecimiento del camarón (*Litopenaeus vannamei*) en piscinas camaroneras.

Palabras claves: amonio – incidencia – parámetros – camaroneras

Abstract

The cultivation of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in shrimp ponds in the 1960s gave rise to the shrimp industry Ecuador since then it has been one of the most important activities in the country due to its productive development. The optimal physicochemical variables are the following: temperature 25-32 °C; turbidity remains 30 cm – 45 cm; pH of 7.5 – 8.5. We must consider the salinity in a cultivation system; it may vary depending on where it is located. Which can be: sweet salinity 0.5 ppt; brackish 15 ppt and salinity 37 ppt, it is important to take these variables into account to consider the toxicity of ammonium present in crops. Ammonium in shrimp farming is a water and soil contaminant, limiting and intensive factor because different stocking densities are carried out. Ammonium concentrations in the culture are below 2 mg/L, they can tolerate higher ammonia ranges of 0.6 – 2 mg/L for short periods, ammonia 5 mg/L solutions of 10 and 15 mg/L is toxic. causes mortality. Nitrites maximum values at 0.8 mg/l are toxic to shrimp. The objective of this bibliographic review is to establish the incidence that ammonium (NH₄) and how it exerts on the growth of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in shrimp ponds.

Keywords: ammonium - incidence - parameters - shrimp farms

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESARROLLO	7
2.1 Sistemas de cultivo en camarón	7
2.1.1 Sistemas de cultivo extensivo	7
2.1.2 Sistemas de cultivo semi-intensivo.....	7
2.1.3 Sistemas de cultivo intensivo.....	7
2.2 Calidad de agua en estanques de cultivo de camarón	7
2.2.1 Parámetros físicos.....	8
2.2.2 Parámetros químicos.....	8
2.3 Calidad de suelo en estanques de cultivo de camarón	10
2.3.1 Presencia de materia orgánica en el suelo.....	10
2.4 Ciclo del nitrógeno en acuicultura	10
2.5 Incidencias de la presencia de amonio	12
2.5.1 Amonio y amoniaco	12
2.5.2 Nitrito	14
2.5.3 Nitrato	15
2.5.4 Incidencias del amonio en el cultivo de camarón	15
2.6 Estrategias de control de amonio en estanques acuícolas	16
2.6.1 Alternativas biológicas	16
2.6.2 Alternativas químicas.....	18
2.7 Buenas prácticas de manejo	20
2.6.2 Control de parámetros físicos y químicos	20
2.6.2 Manejo de alimento	20
3. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES	21
3.1 CONCLUSIÓN	21
3.2 RECOMENDACIONES	21
BIBLIOGRAFÍA	22

INDICE DE FIGURA

Ciclo de nitrógeno	11
--------------------------	----

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Amonio total existente y amonio no ionizado en diferentes valores de pH y temperatura.....	14
Tabla 2. Rangos óptimos de parámetros físico – químicos en el cultivo de camarón...	21

1. INTRODUCCIÓN

En la década de los 60 surgió el inicio de la industria camaronera en Ecuador, desde entonces es una actividad más importante del país por su desarrollo productivo, el 40% de las exportaciones del Ecuador provienen de este sector. En nuestro país también se puede aprovechar la ventaja competitiva, con un rendimiento del 65% por hectárea, realizando tres o cuatro ciclos de cosecha al año gracias a factores climáticos favorables para la producción continua de esta especie, debido a esto es posible duplicar sus lotes de producción en comparación con países asiáticos los cuales son competidores internacionales (Gonzabay, y otros, 2021).

Las últimas décadas en el sector camaronero se ha visto amenazado por la proliferación de patógenos que causan enfermedades, que reducen significativamente las poblaciones en los cultivos de camarón, además hay otros factores que influyen en la calidad del agua causando toxicidad por la acumulación de materia orgánica. Todos estos factores han logrado combatir con el uso de nuevas tecnologías aplicadas al sector acuícola entre estas está el uso de probióticos, fermentos simbióticos entre otras técnicas que eliminan de forma no invasiva dichos problemas, que están en la calidad del agua (Kuypers, y otros, 2019).

En el cultivo de camarón (*Litopeneus vannamei*) el nitrógeno es un elemento importante, se debe tener en cuenta la presencia de nitrógeno (N) en un cultivo ya que este puede ser tóxico en forma de nitrito (NO^{-2}) y amoníaco (NH^{-3}). Las heces de los camarones son consideradas como un subproducto de la descomposición de proteínas en el agua, el NH_3 puede ionizarse a (NH^{+4}), dependiendo principalmente de la temperatura y el pH, se debe considerar la suma de los dos componentes respecto al nitrógeno amoniacal total (Sánchez, y otros, 2013).

El amonio en el cultivo de camarón se considera contaminante del agua y suelo principal para limitar la mortalidad de los camarones la concentración de amonio libre o amonio iónico en el agua y depende de la salinidad, temperatura y pH.

Es el principal producto de degradación de proteínas en los sistemas acuáticos, es producida por la excreción directa de los camarones, también se presenta en el proceso de mineralización de los desechos orgánicos, como restos de alimentos y heces, es tóxico en las aguas acuícolas, pudiendo acumular altas concentraciones de (NH_4) en los camarones ocasionando crecimiento deficiente de los fluidos corporales, destrucción de

los tejidos, inmunosupresión, alta mortalidad y estrés oxidativo en los organismos (Zhao, y otros, 2020).

El objetivo de esta investigación bibliográfica es establecer la incidencia de la presencia de amonio (NH_4) en el cultivo de camarones (*Litopenaeus vannamei*) y cómo este afecta en las piscinas camaroneras.

2. DESARROLLO

2.1 Sistemas de cultivo en camarón

Los sistemas de cultivo varían dependiendo del país estos se clasifican en algunas categorías entre estas están: intensivo, semi-intensivo y extensivo los cuales poseen diferentes formas de cultivo (García, y otros, 2018).

2.1.1 Sistemas de cultivo extensivo

Los estanques tienen tamaños de 25 a 50 hectáreas, los muros son de 1,5 m en estos sistemas de cultivo usan bombeo que ayudan a reponer el nivel de agua, perdidos por filtración o evaporación en un ciclo. La alimentación en animales depende de productividad natural del agua, se aplica la fertilización para mantener productividad primaria, el último mes de siembra se adiciona alimento balanceado suplementario, la siembra de estos cultivos es de 8 a 10 post larvas por m² (García, y otros, 2018).

2.1.2 Sistemas de cultivo semi-intensivo

Poseen un tamaño de 5 a 15 ha las piscinas camaroneras. La alimentación es mediante dietas artificiales se realiza recambios de agua en un 20–10% la siembra que se realiza está entre 14 a 20 postlarvas por m² es directa. Sin embargo, las enfermedades se presentan por eso es recomendable reducir la siembra a 10 postlarvas por m² y durante el ciclo reducir los recambios de agua poca aireación (García, y otros, 2018).

2.1.3 Sistemas de cultivo intensivo

Este cultivo se caracteriza por la siembra en estanques pequeños con un tamaño de 0.5 a 2 ha. La mayoría son de tierra y algunos son de geomembrana estos se usan donde se encuentra demasiada filtración de agua como es en suelos arenosos. En estos cultivos se siembra de 50 a 300 postlarvas por m². En cuanto a la alimentación es 4 veces al día en se obtiene un peso normal de 12 a 14g, la conversión alimentación en estos sistemas es muy importante (García, y otros, 2018).

2.2 Calidad de agua en estanques de cultivo de camarón

Es importante mantener un manejo adecuado en la calidad del agua en los diferentes sistemas de cultivo de camarón, los parámetros fisicoquímicos involucrados deben ser supervisados constantemente para evitar el estrés en los animales, en base a diferentes concentraciones de los parámetros se puede evaluar la calidad del agua la relación de estos permite conocer un buen o mal manejo del agua en los sistemas de cultivo (Carbajal, y otros, 2017).

2.2.1 Parámetros físicos

2.2.1.1 Temperatura

La temperatura controla la solubilidad de los gases en el agua, velocidad de reacción química y la toxicidad del amonio, el rango ideal es considera entre 25 y 32°C. Tiene un efecto en los procesos químicos y biológicos en estanque; un aumento de 10°C causa un aumento al doble o triple en las tasas de reacciones químicas y biológicas (Puentes, y otros, 2023).

2.2.1.1 Turbidez

La turbidez es fundamental ya que la oscuridad ayuda a los camarones a mantenerse alejados de los depredadores. Una buena producción inicial depende del grado de turbidez, por debajo de 30 cm la posibilidad de supervivencia es baja, mientras que mantener entre 30 cm y 45 cm da mejores resultados. Si la turbidez supera estos niveles, habrá problemas en los cultivos y bajos niveles de oxígeno, especialmente al anochecer, ya que el fitoplancton realiza la fotosíntesis durante el día y consume oxígeno durante la noche. El disco secchi se lo utiliza para medir la turbidez está formado por un intervalo de número en centímetros medida que se coloca en el tanque, disminuyendo y mostrando la profundidad de la turbidez en el tanque a medida que no se visualiza los colores (Delegido, y otros, 2019).

2.2.2 Parámetros químicos

2.2.2.1 Oxígeno

Las bajas concentraciones de oxígeno en los estanques causan estrés, crecimiento lento, menor consumo de alimento, susceptibilidad a patógenos ocasionando perdidas en la producción. Los valores mínimos de oxígeno para mantener una buena tasa de sobrevivencia están entre 4 – 5 ppm, si la concentración disminuye a 1 ppm produce cambios metabólicos en el camarón reduciéndose a un 25% el aumento de biomasa debido al consumo de energía para regular la concentración de oxígeno, al mantener una concentración optima en el nivel de oxígeno disuelto se disminuye considerablemente el factor de conversión alimenticio evitando el desperdicio de alimento y mortalidad asociada a la reducción de oxígeno (Galang , y otros, 2019).

2.2.2.2 Salinidad

La salinidad se define por la suma de todas las sales disueltas en agua y se representa en función del Cloruro de Sodio (NaCl). Interviene en la regulación osmótica celular la variabilidad en la salinidad afecta importantes funciones celulares, se expresa en partes por mil ppt o gramos por litro, existen datos variables en cuanto a la salinidad en diferentes medios como en el agua dulce se puede encontrar una salinidad normal de 0.5ppt, en aguas salobres fluctúa desde 15ppt, mientras que en aguas marinas puede encontrarse hasta en 37pp(Bermudes, y otros, 2017).

Concentraciones de oxígeno disuelto están relacionadas con la salinidad, cuando aumenta disminuye, por ende, el gasto energético del camarón para mantener una salinidad adecuada se denomina osmorregulación así regula las sales interna y externamente. Además, la salinidad también se relaciona con la presencia de amonio en el medio causando graves alteraciones en los organismos, al mantener altas salinidades el porcentaje de amonio disminuye considerablemente tomando en cuenta otros determinantes como el pH y la temperatura (Bermudes, y otros, 2017).

2.2.2.3 pH

El potencial hidrogeno se mide en una escala determinada entre 1 a 14 en donde 7 marca la neutralidad, valores menores a este son considerados ácidos y valores mayores a 7 son considerados básicos. Un claro ejemplo de estos valores es la toxicidad que produce el amonio en un pH básico. Por lo que un rango óptimo de las piscinas camaroneras se encuentra entre 6,5 – 8,5 cuando estos valores varían o se ubican por debajo o por encima de los rangos establecidos ocasionan problemas como crecimiento lento, aumento en el factor de conversión alimenticia, aumentan el riesgo de padecer algunas patologías y conlleva a obtener una baja productividad (Yu, y otros, 2020).

Se ha estudiado que el pH es un factor determinante es el estrés ambiental, un cambio de este puede inducir a un estrés oxidativo reduciendo la capacidad antioxidante e influyendo directamente en inmunidad del camarón lo que ocasiona destrucción en los tejidos intestinales y cambios del microbiota intestinal. El intestino de los camarones es un órgano importante para la digestión, la absorción y la defensa inmunológica el microbiota intestinal es de vital importancia ya que está relacionada con la salud de *L. vannamei*, el estrés ambiental puede interferir en la correcta función de las barreras intestinales,

debilitando la respuesta inmune y aumentando la probabilidad del ingreso de agentes patógenos que causan gran mortalidad en los cultivos (Duanyun, 2019).

2.3 Calidad de suelo en estanques de cultivo de camarón

Es necesario establecer que existe una relación directa en la alteración de las propiedades físicas y químicas del suelo en los estanques camaroneros dependiendo del sistema de cultivo debido a esto del impacto ambiental resultante depende de la calidad y cantidad de los insumos utilizados. Ciertas condiciones del suelo causan cambios fisiológicos en los camarones, retraso del crecimiento, estrés, inanición y susceptibilidad a enfermedades; estos aspectos aumentan la mortalidad del animal por lo que genera una reducción de producción y pérdidas económicas (Lemonnier, y otros, 2004).

Se debe tener en cuenta parámetros como la humedad, la textura y la permeabilidad, la calidad del suelo ciertamente determina el comportamiento estructural del mismo. Algunos estudios sobre importancia de la calidad del suelo han corroborado que deben tener un porcentaje 2% a 6% de humedad, pH 7 a 8 y la textura debe tener consistencia en la cual, mediante pruebas de campo rápidas, como la prueba de lanzamiento de bola, la función de este método es de confirmar la estabilidad y permeabilidad (Arias & Morán, 2020).

2.3.1 Presencia de materia orgánica en el suelo

La materia orgánica en un estanque de cultivo está formada por una mezcla heterogénea de organismos bentónicos muertos, restos de animales, excretas, desechos de alimentos, minerales y fertilizantes. El fondo de los estanques que se encuentran sobrecargados de MO provoca el desarrollo excesivo de cianobacterias y vibrios, también se ocasiona una liberación de amoníaco y sulfuro de hidrógeno. Los suelos aptos para la producción de *Litopenaeus vannamei* su materia orgánica debe tener 1,5% o 2,5% ya que estos niveles ayudan a la formación de fuentes de carbono adecuadas (Arias & Morán, 2020).

2.4 Ciclo del nitrógeno en acuicultura

Los microorganismos pueden transformar compuestos nitrogenados bastante tóxicos y reactivos como el óxido nítrico o tan inertes como el gas nitrógeno.

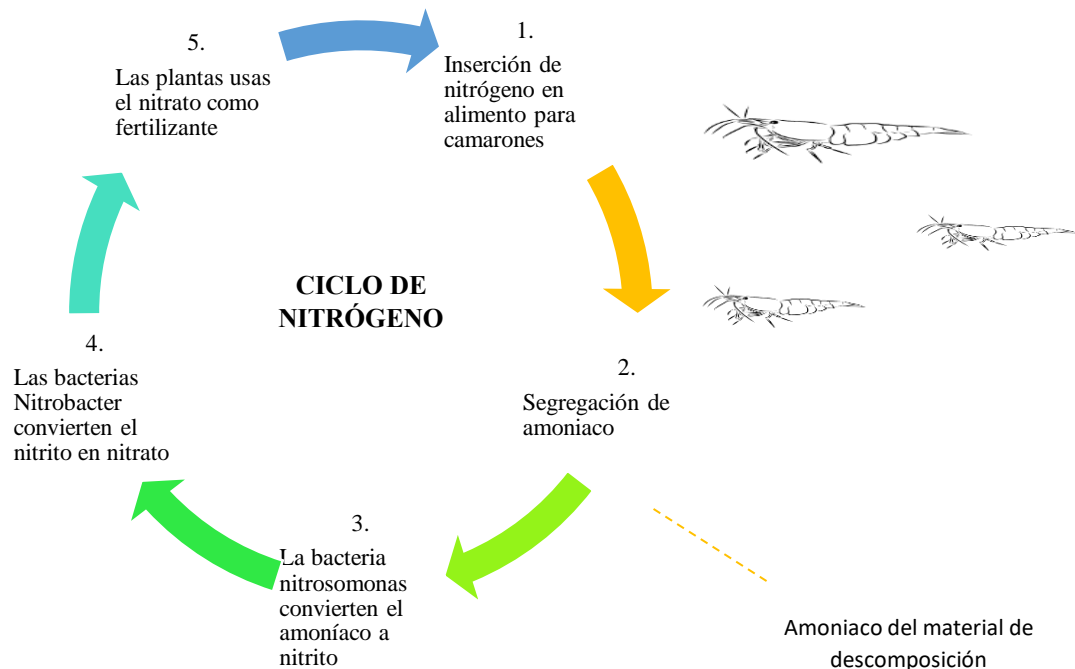


Figura N° 1. Ciclo de nitrógeno

Fuente: (Sánchez, y otros, 2013).

La actividad humana (agricultura, acuicultura) ha influido profundamente en el aumento de nitrógeno biodisponible, debido a la gran cantidad de fertilizantes nitrogenados industriales. La producción de alimentos para aproximadamente el 50% de la población humana actualmente depende de fertilizantes industriales. Este uso de fertilizantes y el cultivo de leguminosas casi han duplicado la entrada de nitrógeno a los ecosistemas terrestres y marinos. Para predecir las consecuencias de esta entrada, existe una necesidad apremiante de comprender los mecanismos básicos que subyacen a las transformaciones del nitrógeno microbiano (Kuypers, y otros, 2018).

En los sistemas acuáticos existen algunos procesos que influyen directamente en el ciclo del nitrógeno, los microorganismos juegan un papel importante mediante la transformación, utilización y eliminación del nitrógeno en sus diferentes formas. Así como también existen microorganismos especializados en procesos de oxidación, amonificación, asimilación, nitrificación, desnitrificación y fijación de nitrógeno (Kuypers, y otros, 2018).

En los estanques el nitrógeno inorgánico, está presente en forma de nitratos, nitritos, amoniaco y amonio, el aumento de estos es nitrógeno inorgánico disuelto. Esto se

convierte a través del ciclo del nitrógeno el cual se da de forma natural, es por eso que la abundancia o presencia de estas diversas formas son afectadas por el alimento que consumen los organismos, los cambios de pH del agua y concentración de oxígeno disuelto lo que genera un desequilibrio en el medio haciendo que este no sea el adecuado para los animales (Aguilar, 2014).

Los microorganismos pueden transformar compuestos nitrogenados bastante tóxicos y reactivos como el óxido nítrico o tan inertes como el gas nitrógeno. Las transformaciones microbianas del nitrógeno se describen como un ciclo que consta de seis procesos distintos que se desarrollan de manera ordenada. Esto implica que una molécula de gas di nitrógeno se fija primero en amoníaco, que se asimila al nitrógeno orgánico biomasa. La degradación del nitrógeno orgánico y la amonificación libera una molécula de amoníaco, que posteriormente se oxida a nitrato a través de la nitrificación ($(\text{NH}^{+4} \rightarrow \text{NO}^{-2} \rightarrow \text{NO}^{-3})$) y finalmente es convertido en una molécula de gas di nitrógeno a través de la desnitrificación ($\text{NO}^{-3} \rightarrow \text{NO}^{-2} \rightarrow \text{NO} \text{ N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$) u oxidación anaeróbica del amonio (Kuypers, y otros, 2018).

Los datos recopilados durante la última década desafían esta clasificación, ya que han demostrado una tremenda versatilidad metabólica dentro de los microorganismos transformadores de nitrógeno, ahora sabemos que diversos microorganismos pueden fijar gas nitrógeno y desnitrificar simultáneamente (Füssel, y otros, 2017), los organismos clasificados como oxidantes de nitrito también pueden crecer en forma de hidrógeno y sulfuro. Por lo tanto, debido a su versatilidad metabólica, se ha vuelto casi imposible clasificar objetivamente los microorganismos transformadores de nitrógeno de acuerdo con los procesos clásicos descritos anteriormente (Caranto & Lancaster, 2017).

2.5 Incidencias de la presencia de amonio

2.5.1 Amonio y amoniaco

El amonio (NH_4) y el amoniaco (NH_3), son los componentes más tóxicos en los cultivos acuáticos. Están presentes en las heces de los camarones y también son productos de la degradación del alimento que no es consumido es por ende que se los considera como sustancias altamente nocivas en el agua, investigadores afirman que concentraciones altas de estos podrían acumularse dentro de los fluidos corporales de los animales acuáticos, lo que conlleva a la reducción del crecimiento, daños en los tejidos, estrés y altas mortalidades en los estanques de cultivo (Liang, y otros, 2016).

El amonio se encuentra en el medio acuático como NH_3 o NH_4 influenciado por el pH, temperatura, salinidad y oxígeno disuelto este puede ser toxico o no toxico depende de la concentración que se encuentre en el medio. Se debe mantener concentraciones de amonio por debajo de los 2 mg/L, la retención NH_3 en cultivos de camarón puede ser nocivo para e interferir en los procesos metabólicos de los organismos cultivados y generar altas tasas de mortalidad(Cui, y otros, 2017).

Provoca crecimiento lento, cambios histológicos entre estos están las lesiones branquiales afectando diferentes órganos. Existen diferentes características que afectan el crecimiento de camarón mediante las diferentes concentraciones de amonio las cuales son:

- Daños branquiales por la absorción lenta o reducción de oxígeno.
- Alteraciones en la regulación osmótica y tejidos dañados.

Los camarones pueden tolerar mayores rangos de amoniaco (0,6 – 2,0 mg/l) por periodos cortos de exposición, pero estos camarones expuestos son más susceptibles a las enfermedades tanto en sistemas semi-intensivo como intensivos (Cui, y otros, 2017).

Las piscinas camaroneras con una alimentación excesiva aumentan drásticamente la acumulación de amonio obteniendo concentraciones por encima de 0,13mg/L ya que las excretas de los animales acuáticos dependen del porcentaje de proteína que contenga el alimento balanceado teniendo en cuenta que un animal llega a excretar 0,03kg de NH_4 de un alimento que tiene un 25–40% de proteína. Estudios corroboran que el amonio afecta negativamente en el cultivo causando disminución de peso lo cual induce a alteraciones en la osmorregulación, la actividad antibacteriana, los procesos metabólicos, procesos inmunológicos e histopatológicos debido a los niveles de estrés que se produce en los organismos (Cui, y otros, 2017).

Experimentos realizados por Frías y otros, (2000) demuestran que en camarones juveniles *L. vannamei* que fueron expuestos a concentraciones variadas de amoniaco durante algunos periodos de tiempo no presentaron mortalidad en el control de 5 mg/L -l los que fueron expuestos a las siguientes soluciones: 10 y 15 mg/L-l de amoniaco respectivamente, mientras que se presentó 96, 68% de mortalidad, sin embargo, a soluciones del 20 mg/L-l se presentó el 100% de mortalidad.

Tabla 1. Amonio total existente y amonio no ionizado en diferentes valores de pH y temperaturas

pH	Temperatura °C								
pH	16	18	20	22	24	26	28	30	32
7	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009
7,2	0,004	0,005	0,005	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	0,028	0,033	0,038	0,045	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	0,059	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	0,228	0,255	0,284	0,313	0,344	0,377	0,412	0,448	0,490

Fuente: (Frías, y otros, 2000)

La tabla 1 demuestra cómo influye la temperatura y el pH en la presencia de amonio, dando a conocer que cuando incrementan las dos variables, el amonio tóxico no ionizado es mayor, por lo tanto, la temperatura es la variable que influye menos en este compuesto. Es importante mantener los niveles de amonio por debajo de 2 mg/L en camarónicas, se debe tener en cuenta que la presencia de NH_3 es un metabolito tóxico, ocasiona la mortalidad en camarones debido a que genera daños en los procesos metabólicos del organismo en cultivo.

2.5.2 Nitrito

Los nitritos se generan cuando los residuos de alimento están en el proceso de oxidación, excretados por los animales del medio de cultivo, cuando el alimento ingresa en el camarón, se activa el proceso metabólico ayuda a convertir biomasa. Tras este proceso los animales defecan los residuos y esto se acumula en el sedimento de fondo en una piscina, donde se transforman a nitratos debido a un proceso oxidativo que generan las bacterias del ambiente acuático. La oxidación de nitrito es la principal vía bioquímica que produce nitrato y es catalizada por nitrito oxidoreductasa (Kuypers, y otros, 2018).

Un estudio realizado por Lara y otros, (2015) demuestra que, en los sistemas intensivos sin realizar recambio de agua los niveles de amonio y nitrito se elevan considerablemente

a lo largo del cultivo, generando retrasos en el proceso de oxidación debido al bajo crecimiento de bacterias transformadoras de nitrito a nitrato.

Durante el estudio obtuvieron niveles de nitrito entre $4,75 \pm 4,4$ mg L⁻¹. Mediante un periodo de 26 días obtuvieron concentraciones de 0,1 a 13,6 mg L⁻¹, sin embargo, los niveles de nitrito se aumentaron teniendo valores máximos a 13,6 mg L⁻¹ esto se dio en los días 14 a 40 (Lara, y otros, 2015).

Diferentes investigaciones han demostrado que la calidad del camarón en proceso de crecimiento se ve afectada por situaciones como el pH, la materia orgánica y los niveles de nitrito (Li, y otros, 2019). Esto se debe a que la exposición al estrés por nitrito, este actúa sobre la reducción de la oxigenación y sobre la síntesis de hemocianina, lo que conduce a la hipoxia tisular. En la especie *Litopenaeus vannamei* afecta negativamente acelerando el metabolismo anaeróbico y produciendo una inhibición del metabolismo aeróbico en los sistemas de cultivo (Romero, 2022).

2.5.3 Nitrato

Las bacterias oxidantes de nitrito son metabólicamente versátiles y pueden crecer en sustratos distintos al nitrito. De hecho, la *Nitrospiraespecie comammox* oxida el amoníaco a nitrato aeróbicamente con hidrógeno y anaeróbicamente con ácidos orgánicos mientras respira nitrato. La reducción de nitrato en estas bacterias oxidantes de nitrito también es catalizada, está relacionado con el nitrato reductasas bacterianas (Caranto & Lancaster, 2017).

Según estudios realizados por García y otros, (2018) en cuanto al nitrato los niveles de 0,4 a 0,8 mg/L son óptimos para el camarón, los niveles superiores a 0,8 mg/L son tóxicos para los organismos acuáticos.

2.5.4 Incidencias del amonio en el cultivo de camarón

El amonio es el principal factor limitante de los compuestos nitrogenados, en los sistemas de cultivo de camarón es el causante de altas mortalidades lo que genera pérdidas económicas (Sun, y otros, 2018). Amonio de 13,9 mg/L son considerados elevados, ocasiona inflamación, necrosis, mecanización en las branquias del animal (Fregoso, y otros, 2018). En juveniles valores de 20 mg/L ocasionan alteraciones en la mucosa intestinal esto genera necrosis (Duan, y otros, 2018).

Valores superiores a 20mg/L en etapas adultas pueden inducir apoptosis en la hepatopáncreas y causar estrés oxidativo. Mientras que los niveles elevados de amonio reducen la respuesta inmune debido a la inhibición fenol oxidasa y de la actividad fagocítica en los cultivos de camarón hasta un 60% (Liang, Z y otros, 2016).

Las altas cantidades de amonio causan estrés oxidativo el cual afecta a diferentes factores relacionados con el sistema inmunológico como: el conteo total de hemocitos, la actividad bacteriana, sensibilidad a patógenos y disminuye la actividad fagocítica (Liu, y otros, 2018).

La acumulación de amoníaco, nitrito y nitrato, reduce la tasa de crecimiento y la función del sistema inmunológico, y aumenta la excreción de amoníaco, la toxicidad de los compuestos nitrogenados y la susceptibilidad a los patógenos, resultan en una alta mortalidad de camarones (Fregoso, y otros, 2018).

2.6 Estrategias de control de amonio en estanques acuícolas

Existe una diversidad de microorganismos que transforman el nitrógeno, y cada uno de estos microorganismos tiene requerimientos fisiológicos específicos para un crecimiento óptimo. Las condiciones de crecimiento en la naturaleza son muy variables y rara vez óptimas, el consumo de nitrógeno por parte de los microorganismos individuales está destinada por ser ineficiente. Sin embargo, las transformaciones de nitrógeno en el medio ambiente las realizadas actividades microbianas que reciclan el nitrógeno de manera más eficiente que los microorganismos individuales. En consecuencia, muy poco nitrógeno biodisponible escapa a la atmósfera, y una pequeña cantidad que se pierde como gas nitrógeno se equilibra con la fijación de nitrógeno (Inomura, y otros, 2016).

2.6.1 Alternativas biológicas

Entre los agentes biológicos que ayudan a la disminución de amonio presente en los cultivos de piscinas camaronera están: Bacterias nitrificantes, bacterias heterótrofas y macroalgas (Cui, y otros, 2017).

2.6.1.1 Bacterias nitrificantes

Estas bacterias son autotróficas obligadas, que consumen dióxido de carbono, y aeróbicas obligadas, que consumen oxígeno para desarrollarse. Las bacterias heterotróficas crecen más rápido que las bacterias nitrificantes y prevalecen sobre estas compitiendo por espacio y oxígeno cuando las concentraciones de materia orgánica disuelta y particulada son altas. Por lo que es importante que la fuente de agua para los biofiltros sea mantenida

limpia manteniendo siempre la más mínima concentración de sólidos totales. La nitrificación es un proceso que consta de dos etapas, primero el amoníaco se oxida a nitrito y después el nitrito se oxida a nitrato. Estos dos pasos de la reacción se llevan a cabo de forma secuencial, debido a que el primer paso tiene una alta tasa de reacción cinética que el segundo paso, este proceso es controlado en condiciones normales por la oxidación del amoníaco obteniendo como resultado una baja acumulación de nitrito (Cui, y otros, 2017).

2.6.1.2 Nitrificación

Los principales microorganismos responsables de la oxidación del amoníaco son los siguientes géneros: *Nitrosomona*, *Nitrosovibrio*, *Nitrosococcus*, *Nitrolobus* y *Nitrospira*. El proceso de nitrificación no sólo genera nitrato, sino también varía los niveles del pH hacia el intervalo ácido, facilitando la disponibilidad de materiales orgánicos solubles. En la mayoría de los estanques de acuicultura se acumulan nitrato, debido a que no poseen un filtro de desnitrificación. Los filtros desnitrificantes contribuyen a la eliminación del nitrato convirtiéndolo en nitrógeno. Se crea una relación anaeróbica donde las bacterias anaerobias pueden crecer y reducir el nitrato a gas nitrógeno. El nitrato puede seguir varias rutas bioquímicas después de la producción en la nitrificación (Hung, 2016).

La nitrificación es la oxidación secuencial en dos pasos, pasando de amoníaco a nitrato. La oxidación de amoníaco es mediada por *Nitrosomonas* y la oxidación de nitrito está mediada por *Nitrobacter*.

La nitrificación es afectada por la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura, la concentración de sustrato, el pH, cantidades de bacterias nitrificantes, y la disponibilidad de superficies. Estos factores en su gran mayoría están relacionados entre sí y su efecto sobre la nitrificación requiere: Oxígeno para obtener energía a partir de la reducción de N, desde 0,3 a 0,9 mg /L. Un pH ligeramente alcalino entre 7 y 8,5 para un crecimiento óptimo, a pH $\geq 8,5$ *Nitrobacter* puede ser inhibida y aumentar *Nitrosomonas*, lo que resulta en una acumulación de nitrito (Hung, 2016).

2.6.1.2 Bacterias heterotróficas

Entre estas están las cianobacterias *Spirulina sp.*, *Oscillatoria sp.*, *Microcoleus chthonoplastes*, *Schizothrix sp.*, *Calothrix sp.*, *Phormidium sp.* Las cuales pueden transformar el amonio en productos menos perjudiciales, al transformar el amoníaco en biomasa microbiana. Por lo que, ciertas bacterias heterotróficas descomponen los

desechos orgánicos, como pellets no consumidos, excreciones y materia orgánica, los cuales sirven como fuente de nutrientes. La biomasa microbiana puede ser consumida por los animales de cultivo. Es por eso que, el desarrollo de biomasa bacteriana heterotrófica y una correcta tasa de oxigenación puede favorecer el rendimiento productivo de las camaroneras (Martínez, et, al, 2014).

2.6.1.3 Macroalgas

La utilización de otros organismos como la macroalga *Gracilaria vermiculophylla* resulto eficiente en la depuración de amonio, esta alga tiene la capacidad de remover diferentes concentraciones de amonio que van desde 0.34 a 3.60 mg/g/h. Para garantizar el buen funcionamiento de este sistema se debe considerar ciertos factores como la luz que afectan el crecimiento del alga dependiendo directamente del fotoperiodo para desarrollarse (Sánchez, y otros, 2013).

2.6.1.3 Probióticos

Son microorganismos vivos benéficos los cuales agregados a el alimento dan resultados positivos en los organismos de cultivo, estos una vez agregados ingresan en el tracto gastrointestinal en donde se mantienen vivos favoreciendo a la salud del animal.

Por otro lado, podemos definir a los probióticos como un suplemento alimenticio el cual posee microorganismos vivos los cuales, al ser ingeridos en cantidades adecuadas, equilibran el balance microbiano intestinal, lo que ayuda a controlar el crecimiento de microorganismos dañinos mediante la interacción del sistema inmune, aportando bacterias benéficas mediante la acidificación intestinal (Amaya & Salinas, 2021).

2.6.2 Alternativas químicas

El amonio se puede remover mediante la aplicación de ciertas sustancias químicas las cuales poseen una alta capacidad para absorber amoniaco, entre estas sustancias destacan la Zeolita y formalina (Santacruz, 2013).

2.6.2.1 Zeolitas

Las zeolitas o zeolitas son minerales aluminosilicatos micro porosos que tienen la capacidad de hidratarse y deshidratarse de forma, hasta la actualidad se han identificado unos 206 tipos de zeolitas dependiendo de su estructura estas pueden ser naturales o artificiales (Sonnenholzner, 2004).

2.6.2.1.1 Formas de acción

Las zeolitas son capaces de absorber hasta un 30% de su peso seco en gases, tales como nitrógeno y amonio, más del 70% en el agua, y hasta 90% de ciertos hidrocarburos. Las propiedades físicas y químicas han permitido muchas aplicaciones en agricultura, pecuaria, tratamiento de aguas, retención de olores, separación de gases, entre otras aplicaciones. Se utilizan en la acuicultura por su capacidad de intercambio catiónico el cual es un excelente medio para la remoción del amonio utilizando el intercambio iónico como un filtro físico-químico, también contribuye en la eliminación de bacterias mediante un filtro biológico y en la remoción de gases tóxicos utilizándolas como filtros en acuarios o estanques (Sonnenholzner, 2004).

Entre las propiedades físicas y químicas de las zeolitas incluyen:

- Reducción del mal olor y contaminación
- En criaderos confinados generan un ambiente más saludable
- Controla la viscosidad y retiene los nutrientes en componentes orgánicos
- Contribuye en la purificación del gas metano producido como resultados de la fermentación.

En acuicultura se empezó a utilizar la zeolita para eliminar el exceso de amonio, pero más tarde se conoció que ejerce una influencia significativa en la transformación de nitritos a nitratos y a su vez interviene en procesos biológicos.

2.6.2.1 Formalina

En la producción de camarón deben vigilar el nitrógeno amoniacal total en estanques, y cuando las concentraciones exceden de 2 o 3 mg L⁻¹ se puede implementar diversas técnicas reductoras de concentraciones de (TAN). La formalina ha demostrado un gran potencial en el uso de estanques de camarón para la eliminación de amoniaco, aunque no ha sido estudiada ampliamente (Chiayvareesajja & Boyd, 1993).

La formalina aplicada en una concentración de 5-10 mg/L puede reducir en un 50% del nitrógeno amoniacal total en condiciones de laboratorio, sin embargo, en animales acuáticos es tóxica y en dosis de ≥ 15 mg/L demostraron que el tratamiento con formalina en estanques podría matar el fitoplancton y causa el agotamiento de la demanda de oxígeno en piscinas camaroneras (Santacruz, 2013).

2.7 Buenas prácticas de manejo

La importancia de las buenas prácticas de manejo de parámetros físicos, químicos y la ración alimentaria son muy importantes ya que influyen en las alteraciones de amonio presentes durante el ciclo de (Mayer, 2012)..

2.6.2 Control de parámetros físicos y químicos

Se debe tener un control apropiado de los parámetros físicos y químicos en los estanques de cultivo ya que cada parámetro puede afectar de manera directa en la salud del animal, los niveles fuera de los óptimos de oxígeno disuelto, amonio, amoniacado, nitrito y nitratos provocan estrés y enfermedades en los camarones. El control de parámetros en los cultivos es muy importante debido a que variaciones de temperatura y pH provocan variaciones en los niveles de amonio los cuales pueden ser tóxicos para los animales de cultivo, es fundamental mantener los niveles óptimos en un cultivo ya que estos influyen en la salud y el crecimiento de los organismos (Mayer, 2012).

Tabla 2. Rangos óptimos de parámetros físico – químicos en el cultivo de camarón

Parámetros	Rangos óptimos
Temperatura	28 – 32 °C
Oxígeno	4 – 8 mg/l
pH	7,5 – 8,5
Salinidad	15 – 30 ppt
Turbidez	35 – 45 cm

(Mayer, 2012).

2.6.2 Manejo de alimento

Tener un manejo de la ración alimentaria es un aspecto fundamental, debido a las alteraciones ambientales que produce en un estanque al tener un uso inadecuado, genera sólidos en suspensión y altos desechos nitrogenados lo que provocan alteraciones en el suelo y agua debido a la presencia de amonio que ocasionan estos residuos de alimento al descomponerse es por eso que la camaronera debe tener un control manejo adecuado de alimentación durante el ciclo de cultivo (Reina, 2021).

3. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

3.1 CONCLUSIÓN

Se concluye que la presencia de amonio (NH_4) en el crecimiento del camarón ocasiona altas mortalidades, estrés, crecimiento lento la concentración de amonio depende del tipo de sistemas de cultivo (extensivo, semi-intensivo e intensivo) y los diferentes factores fisicoquímicos como (salinidad, pH, temperatura, turbidez y oxígenos). El amonio y amoniaco son los componentes más tóxicos en el cultivo concentraciones, mayores a 2 mg/l ocasionan reducción de crecimiento, daños en los tejidos, estrés y altas mortalidades. Los niveles de nitros y amonio en los sistemas intensivos sin recambio de agua aumentan por una disminución de bacterias transformadoras, en los sistemas de baja salinidad se debe considerar que los nitratos pueden llegar a ser tóxicos para los organismos de cultivo.

3.2 RECOMENDACIONES

Se debe llevar un control adecuado de los parámetros físicos y químicos ya que las alteraciones de estos es producto de aumentos de la presencia de amonio en un estanque de cultivo.

Las buenas prácticas de manejo de la ración alimentaria son muy importantes durante el ciclo de cultivo debido a que el uso inadecuado del alimento balanceado provoca aumentos de los compuestos nitrogenados que a su vez contribuye a un desequilibrio de los factores fitoquímicos en las piscinas camaroneras.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, V. (2014). Efecto de la salinidad en la tasa de reproducción de amonio aplicando zeolitas comerciales.[Universidad Técnica de Machala]. Obtenido de tesis <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1999/7/CD675>
- Amaya, G., & Salinas, E. (2021). Comparación del ritmo de crecimiento y sobrevivencia de *Litopenaeus vannamei* en sistema semi intensivo aplicando probióticos Epicin 2g vs probiótico natural fermentado en la Granja Camaronera La Viejana [Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN, León]. Obtenido de tesis <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/9339/1/249284.pdf>
- Arias, M., & Morán, R. (2020). Análisis de la relación entre los métodos de alimentación del camarón blanco "*Litopenaeus vannamei*" con los parámetros de producción, calidad de suelo y agua, en sistemas de cultivos semi-intensivos de las camaroneras localizadas en la provincia de El Oro.[Escuela Superior Politécnica del Litoral]. Obtenido de tesis <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/50601/3/T-112328%20Arias-Mor%C3%A1n.pdf>
- Bermudes, J., Nieves, M., Román, C., Flores, L., Ortega, A., & Piña, P. (2017). Efecto de la temperatura y salinidad en el crecimiento larval de *Litopenaeus vannamei*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(3), 612 - 613. <https://doi.10.4067/S0718-19572017000300016>
- Caranto, J., & Lancaster, K. (2017). Nitric oxide is an obligate bacterial nitrification intermediate produced by hydroxylamine oxidoreductase. *Proc. Natl Acad. Sci USA*, 114(31), 25. <https://doi.org/10.1073/pnas.1704504114>
- Carbajal, J., Sánchez, L., Hernández, I., & Hernández, J. (2017). Modelo basado en redes neuronales artificiales para la evaluación de la calidad del agua en sistemas de cultivo extensivo de camarón. *Tecnología y ciencias del agua*, 8(5), 72. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-05-05>
- Chiayvareesajja, S., & Boyd, C. (1993). Efectos de la zeolita, formalina, aumento bacteriano y aireación sobre las concentraciones totales de nitrógeno amoniacal. *Acuicultura*, 15(1), 33. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(93\)90220-S](https://doi.org/10.1016/0044-8486(93)90220-S)

- Cui, Y., Ren, X., Li, J., Zhai, Q., Feng, F., Xu, Y., & Li, M. (2017). Effects of ammonia-N stress on metabolic and immune function via the neuroendocrine system in *Litopenaeus vannamei*. *Fish & Shellfish Immunology*, 64, 6. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.028>
- Delegido, J., Urrego, P., Vicente, E., Sòria, X., Soria, J., Pereira, M., . . . Moreno, J. (2019). Turbidez y profundidad de disco de Secchi con Sentinel-2 en embalses con diferente estado trófico en la Comunidad Valenciana. *Revista Teledetección*, 15 - 22. <https://doi.org/10.4995/raet.2019.12603>
- Duan, Y; Liu, Q; Wang, Y; Zhang, J; & Xiong, D. (2018). Impairment of the intestine barrier function in *Litopenaeus vannamei* exposed to ammonia and nitrite stress. *Fish & shellfish*, 78, 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.050>
- Duanyun, Y. Q. (2019). Cambios en la función de barrera intestinal de *Litopenaeus vannamei* en respuesta al estrés por pH. *Inmunología de pescados y mariscos*, 142-149. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.047>
- Fregoso, M., Morales, M., Franco, M., Ponce, J., Fierro, J., Ramírez, J., & Páez, F. (2018). Effect of nitrogen compounds on shrimp *Litopenaeus vannamei*: histological alterations of the antenna gland. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 100(6), 772 - 777. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2349-x>
- Frías, M., Harfush, M., & Páez, F. (2000). Effects of Ammonia on Mortality and Feeding of Postlarvae Shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 65(1), 99. <https://doi.org/10.1007/s0012800100>
- Füssel, J., Lücker, S., Yilmaz, P., Nowka, B., Maartje, A., & Kessel, V. (2017). Adaptability as the key to success for the ubiquitous marine nitrite oxidizer Nitrococcus. *Science Advances*, 3(11), 1-9. [https://doi: 10.1126/sciadv.1700807](https://doi:10.1126/sciadv.1700807)
- Galang, D., Ashari, A., Sulmatiwi, L., Mahasri, & Sari, L. (2019). The oxygen content and dissolved oxygen consumption level of white shrimp *Litopenaeus vannamei* in the nanobubble. *Earth and Environmental Science*, 2. <https://doi:10.1088/1755-1315/236/1/012014>
- García, S., Juárez, A., Olivier, B., Rivas, M., & Zeferino, J. (2018). Variables fisicoquímicas ambientales que inciden en el cultivo de camarón (*Litopenaeus*

- vannamei*) en Coyuca de Benóitez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2), 141. Obtenido de https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/7-2018_RMAE-20-camaron-to-edit.pdf
- Gonzabay, A., Vite, H., Garzón, V., & Quizhpe, P. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 1043. [https://doi:10.23857/pc.v6i9.3093](https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3093)
- Hung C., T. S. (2016). A Highly Sensitive Underwater Video System for Use in Turbid Aquaculture Ponds. *Scientific Reports*, 6(1), 1-7. <https://doi.org/10.1038/srep31810>.
- Inomura, K., Bragg, J., & Follows, M. (2016). A quantitative analysis of the direct and indirect costs of nitrogen fixation: a model based on *Azotobacter vinelandii*. *International Society for Microbial Ecology*, 2 - 10. <https://doi:10.1038/ismej.2016.97>
- Kuypers, M., Marchant, H., & Kartal, B. (2018). The microbial nitrogen-cycling network *Nature Reviews*, 16(5), 1-14. Obtenido de <https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/26281/1/gonzalezrubiog1.pdf>: https://pure.mpg.de/rest/items/item_3031412/component/file_3343419/content
- Lara, C., Espinosa, A., Rivera, M., Astorga, K., Acedo, E., & Bermúdez, M. (2015). Desarrollo de Camarón *Litopenaeus vannamei* En Un Sistema de Cultivo Intensivo Con Biofloc Y Nulo Recambio de Agua. *Revista AquaTIC*(43), 1-13. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/494/49447307001.pdf>
- Lemonnier, H., Bernard, E., Boglio, E., Goarant, C., & Cochard, J. (2004). Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. *Aquaculture*, 240, 4. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.07.001>
- Liang, Z., Liu, R., Zhao, D., Wang, L., Sun, M., Wang, M., & Song, L. (2016). Ammonia exposure induces oxidative stress, endoplasmic reticulum stress and apoptosis in hepatopancreas of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Fish & Shellfish Immunology*, 52, 524. <https://doi:10.1016/j.fsi.2016.05.009>

- Liu, G., Ye, Z., & Liu, D. &. (2018). Inorganic nitrogen control, growth, and immunophysiological response of *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a biofloc system and in clear water with or without commercial probiotic. *Aquaculture International*, 16(3), 321-334. [https://doi.org/10.1016/S1050-4648\(03\)00113-X](https://doi.org/10.1016/S1050-4648(03)00113-X)
- Martínez, M., Martínez, L., López, J., & Porchas, A. (2022). Microbial Biodegradation and Bioremediation. (Elsevier,) Bioremediation of Aquaculture Effluents. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85455-9.00009->
- Mayer, C. (2012). Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la. Obtenido de <https://lapampaahora.blogspot.com/2012/06/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del.html>
- Mosquera, L; Cardona, L; Passaro, C; Rivera, C. (2015). Probióticos y prebióticos en acuicultura. *Sennova Del Oriente Antioqueño*, 1(1), 31-35. Obtenido de <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/2198>
- Puentes, J., Ramos, M., Estrada, W., & Álvarez, J. (2023). Supervivencia del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) en relación con los parámetros de calidad del agua. *Redel. Revista Granmense De Desarrollo Local*, 7(1), 54. Obtenido de <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/3748>
- Reina, T. (2021). Análisis del manejo responsable de una granja camaronera de la provincia de Esmeraldas. Universidad Católica del Ecuador. Obtenido de tesis [https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2664/1/Reina%20Zambra no%20Tracy%20Anne.pdf](https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2664/1/Reina%20Zambra%20Tracy%20Anne.pdf)
- Romero, B. (2022). Vínculo universidad-empresa en el análisis químico para la producción de camarón en el Ecuador. *Maestro y Sociedad*, 19(2), 940. Obtenido de ISSN 1815-4867
- Sánchez, A., Miranda, A., López, J., Martínez, L., Tejeda, A., & Márquez, E. (2013). Efecto del fotoperiodo y la razón camarón:macroalga en la remoción de nitrógeno amoniacal total por *Gracilaria vermiculophylla*, en cultivo con *Litopenaeus vannamei*, sin recambio de agua. *Latin american journal of aquatic research*, 49(5), 889. Obtenido de

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2013000500009

Santacruz, R. (2013). Aplicación de extracto de *Yucca schidigera* y su efecto en la concentración de amonio en agua. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción*, 7(7), 8. Obtenido de tesis <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/view/1469>

Sonnenholzner, S. (2004). Ensayo de remoción de amonio por mineral zeolita: efecto del radio del soluto (amonio) con respecto al absorbente (zeolita). Fundación CENAIME - ESPOL. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8446/1/bquinc110.pdf>

Sun, Z., Hao, S., Gong, Y., Zhang, M., Weyang, J., Tran, N., . . . & Li, S. (2018). Dual oxidases participate in the regulation of hemolymph microbiota homeostasis. *Developmental & Comparative Immunology*, 89, 89, 111-121. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dci.2018.08.009>

Yu, Q., Xie, J., Huang, M., Chen, C., Qian, D., Qin, J. G., & Li, E. (2020). Growth and health responses to a long-term pH stress in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 2, 1-4. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100280>

Zhao, M., Yao, D., Li, S., Zhang, Y., & Juventas-Aweya, J. (2020). Efectos del amoníaco en la fisiología e inmunidad de los camarones. *Researchgate*, 18(1), 1-3. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/339972663_Effects_of_ammonia_on_shrimp_physiology_and_immunity_a_review