



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Análisis de la toxicidad del amonio en postlarvas de camarón (*Litopenaeus vannamei*) en alta y baja salinidad.

**ERAS SARANGO ANGEL MICHELLE
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**Análisis de la toxicidad del amonio en postlarvas de camarón
(*Litopenaeus vannamei*) en alta y baja salinidad.**

**ERAS SARANGO ANGEL MICHELLE
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2023**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**Análisis de la toxicidad del amonio en postlarvas de camarón
(*Litopenaeus vannamei*) en alta y baja salinidad.**

**ERAS SARANGO ANGEL MICHELLE
INGENIERO ACUICOLA**

VELASQUEZ LOPEZ PATRICIO COLON

**MACHALA
2023**

TESIS BRYAN AGUIRRE Y ANGEL ERAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.industriaacuicola.com Fuente de Internet	2%
2	patents.justia.com Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uroosevelt.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	inciclopedia.wikia.com Fuente de Internet	<1%
5	www.tdx.cat Fuente de Internet	<1%
6	www.power-mag.com Fuente de Internet	<1%
7	www.puis.unam.mx Fuente de Internet	<1%
8	m.moam.info Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.utm.edu.ec:3000 Fuente de Internet	<1%

10	repositorio.usm.cl Fuente de Internet	<1 %
11	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
12	redibai-myd.org Fuente de Internet	<1 %
13	www.remef.org.mx Fuente de Internet	<1 %

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, ERAS SARANGO ANGEL MICHELLE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Análisis de la toxicidad del amonio en postlarvas de camarón (*Litopenaeus vannamei*) en alta y baja salinidad., 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.

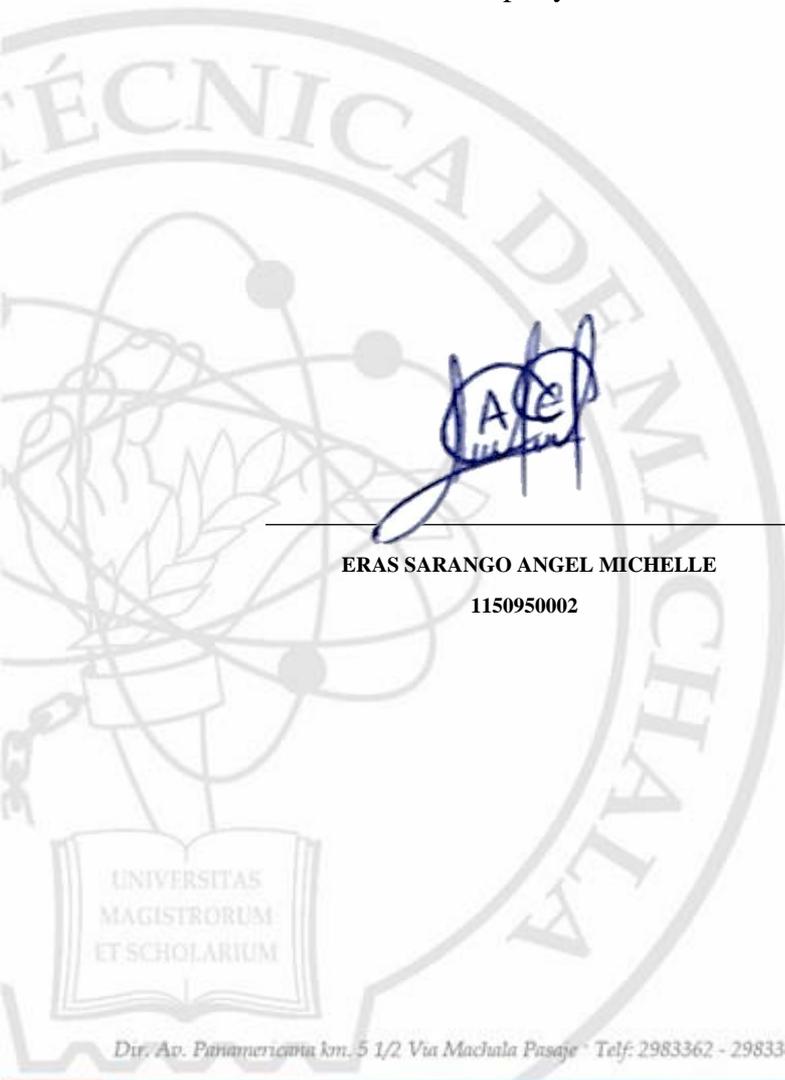
El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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.



ERAS SARANGO ANGEL MICHELLE

1150950002



AGRADECIMIENTO

En el proceso de completar este trabajo de investigación, me siento profundamente agradecido y bendecido por todas las personas que han sido una parte fundamental de este logro. En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios por darme la fuerza, la sabiduría y la perseverancia para llegar hasta aquí.

A mis padres, Manuel Clotario Aguirre Celi y Eva Jacqueline Berrezueta Rios, no puedo poner en palabras cuánto valoro su apoyo incondicional a lo largo de los años. Sus sacrificios, amor y aliento constante me han sostenido en este viaje. Este logro es en gran parte gracias a su amor y orientación.

A mi querida novia, María José Cedeño Cuenca, te agradezco por estar a mi lado en cada etapa de este viaje. Tu apoyo emocional y comprensión han sido invaluable, y estoy agradecido por tenerte en mi vida.

A mi amado hijo, Mathias Azariel Aguirre Cedeño, por ser mi fuente de inspiración y recordarme constantemente la importancia de esforzarme por un futuro mejor. Todo lo que hago, lo hago pensando en ti.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi agradecimiento sincero a mi tutor de tesis, Dr. Patricio Colón Velásquez López, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso.

A todas las personas que han contribuido de alguna manera a este logro, mi más profundo agradecimiento. Este trabajo representa el resultado de un esfuerzo colectivo y estoy sinceramente agradecido por cada uno de ustedes.

¡Gracias!

Bryan Manuel Aguirre Berrezueta

En el camino hacia la culminación de este propósito académico, me encuentro lleno de gratitud hacia aquellos que han contribuido de manera significativa a este logro. Es un honor para mí expresar mi profundo agradecimiento, en primer lugar, a Dios por darme la fuerza, la sabiduría y la perseverancia. Su guía ha sido mi luz en los momentos oscuros y mi esperanza en los momentos de incertidumbre. A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y paciencia durante este arduo proceso. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente inagotable de fuerza y motivación.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor Dr. Patricio Colón Velásquez López, por su orientación experta, paciencia infinita y estímulo constante. Sus consejos sabios y experiencia han sido invaluable para el desarrollo y éxito de esta tesis.

Con gratitud eterna

Angel Michelle Eras Sarango

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Manuel Clotario Aguirre Celi y Eva Jacqueline Berrezueta Rios, vuestra inquebrantable fe en mí y vuestro amor incondicional han sido mi motor a lo largo de esta travesía académica. Este logro es el reflejo de la dedicación y el sacrificio que han hecho por mí a lo largo de los años. Gracias por ser mis modelos a seguir y por siempre creer en mí.

A mi amada novia, María José Cedeño Cuenca, tu amor, paciencia y apoyo constante han sido mi roca en los momentos de desafío. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este camino y por ser mi fuente de inspiración diaria.

A mi adorado hijo, Mathias Azariel Aguirre Cedeño, eres la luz de mi vida y la razón por la que siempre me esfuerzo por ser la mejor versión de mí mismo. Este logro es para ti, y espero que te inspire a perseguir tus sueños con la misma pasión y determinación.

A mis queridas hermanas, Gladys Jacqueline Aguirre Berrezueta y Deysi Anabel Aguirre Berrezueta, vuestra amistad, apoyo y ánimo han sido invaluable a lo largo de mi vida. Gracias por estar siempre dispuestas a escuchar y alentarme en cada etapa de este viaje.

A mis amigos, vuestro constante aliento y presencia en mi vida han hecho que cada día sea más significativo. Gracias por las conversaciones inspiradoras, las risas compartidas y el apoyo incondicional.

A mi respetado tutor, Dr. Patricio Colón Velásquez López, su experiencia, orientación y dedicación a mi crecimiento académico han sido fundamentales en la realización de esta tesis. Gracias por compartir tus conocimientos y por desafiarme a alcanzar lo mejor de mí mismo.

Este trabajo es un tributo a todos ustedes, quienes han dejado una huella indeleble en mi vida. Vuestras influencias y contribuciones han moldeado mi camino y me han llevado a este momento. Gracias por ser parte de mi historia y por ayudarme a alcanzar este logro.

Con gratitud y cariño.

Bryan Manuel Aguirre Berrezueta

Dedico este trabajo a las personas especiales en mi vida que han sido mi fuente de inspiración, motivación y amor incondicional.

A mis padres, cuyo amor y sacrificio han hecho posible cada logro en mi vida. Vuestra fe en mí me ha llevado a creer en mis propias capacidades y a alcanzar metas que parecían inalcanzables.

A mis hermanos y hermanas, cuyo apoyo y aliento constante me han dado fuerzas incluso en los momentos más difíciles. Cada uno de ustedes ha sido un faro de esperanza y amor en mi viaje.

A mi novia, gracias por estar a mi lado en cada paso del camino, por creer en mí cuando dudaba y por amarme incondicionalmente. Tu amor y comprensión me han dado la confianza para perseguir mis sueños y superar todos los obstáculos en el camino.

A mis amigos y amigas, quienes han estado a mi lado en cada paso del camino. Vuestra amistad ha iluminado mi vida y ha hecho que este viaje sea memorable y significativo.

A todas las personas que han formado parte de mi vida, directa o indirectamente, este logro es también de ustedes. Vuestras palabras amables, gestos de apoyo y amor incondicional han sido mi impulso constante.

Este trabajo está dedicado a ustedes, con todo mi amor y gratitud. Cada palabra escrita en estas páginas lleva consigo el eco de su influencia en mi vida.

Con amor y gratitud eterna

Angel Michelle Eras Sarango

RESUMEN

El amonio es un compuesto altamente tóxico que puede estar presente en cantidades mínimas, sin embargo, cuando no se toma en consideración su control puede elevarse provocando altas mortalidades en el cultivo de camarón.

El presente trabajo expone las concentraciones de amonio que pueden ser tóxicas en post larvas de *Litopenaeus vannamei*. El estudio fue mediante el empleo de un diseño completamente al azar donde se usaron 92 unidades experimentales, correspondientes a 13 unidades de control y 79 réplicas y 6 tratamientos con dosis de cloruro de amonio, agua y salinidades entre 30 ppt, 5 ppt y 1 ppt y pH en intervalos de 8,25 ± y 8,5.

En el primer ensayo se suministraron seis dosis de cloruro de amonio en salinidades de 5 y 30 ppt con un pH de 8,25 y 8,5 observando el comportamiento de las postlarvas cada cuatro horas en un lapso de cinco días. Mientras que en el segundo ensayo se aplicó una sola dosis de cloruro de amonio en salinidades de 1 ppt, pH entre 8,25 y 8,5 observando el comportamiento de las post larvas cada cuatro horas y en un lapso de cinco días.

Se observó que la salinidad influye con respecto a la supervivencia de postlarvas por toxicidad del amonio. Durante las primeras cuatro horas no se presentan mortalidades por lo que es un indicador de tolerancia de las post larvas. Sin embargo, esto cambia pasando las seis horas de exposición donde ya se presentan mortalidades en función de las concentraciones.

En 1 ppm de salinidad la más alta mortalidad (100%) fue a una concentración de 60 mg/L con 12 horas de exposición. A 5 ppm de salinidad la más alta mortalidad (100%) fue a una concentración de 120 a 240 mg/L con un tiempo menor a 8 horas de exposición. Mientras que a 30 ppm de salinidad la más alta mortalidad (100%) fue a una concentración de 240 mg/L con un tiempo menor a 8 horas de exposición.

También se ha observado que ha mayor concentración de amonio, aumenta el consumo de oxígeno en postlarvas de *Litopenaeus vannamei*.

Palabras clave: *Litopenaeus vannamei* – Amonio – Toxicidad – Baja Salinidad – Alta Salinidad – Post larvas.

ABSTRACT

Ammonium is a highly toxic compound that can be present in minimal quantities; however, when its control is not taken into consideration, it can increase, causing high mortality in shrimp farming.

The present work exposes the ammonium concentrations that can be toxic in post larvae of *Litopenaeus vannamei*. The study was using a completely randomized design where 92 experimental units were used, corresponding to 13 control units and 79 replicates and 6 treatments with doses of ammonium chloride, water and salinities between 30 ppt, 5 ppt and 1 ppt. and pH in intervals of $8.25 \pm$ and 8.5.

In the first trial, six doses of ammonium chloride were administered at salinities of 5 and 30 ppt with a pH of 8.25 and 8.5, observing the behavior of the postlarvae every four hours over a period of five days. While in the second trial, a single dose of ammonium chloride was applied in salinities of 1 ppt, pH between 8.25 and 8.5, observing the behavior of the post larvae every four hours and over a period of five days.

It was observed that salinity influences the survival of postlarvae due to ammonium toxicity. During the first four hours there are no mortalities, which is an indicator of tolerance of the post larvae. However, this changes after six hours of exposure where mortalities already occur depending on the concentrations.

At 1 ppm salinity the highest mortality (100%) was at a concentration of 60 mg/L with 12 hours of exposure. At 5 ppm salinity, the highest mortality (100%) was at a concentration of 120 to 240 mg/L with an exposure time of less than 8 hours. While at 30 ppm salinity the highest mortality (100%) was at a concentration of 240 mg/L with an exposure time of less than 8 hours.

It has also been observed that a higher concentration of ammonium increases oxygen consumption in postlarvae of *Litopenaeus vannamei*.

Key words: *Litopenaeus vannamei* - Ammonium - Toxicity - Low salinity - High salinity - Post larvae - Post larvae.

INDICE

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACION	4
OBJETIVOS.....	5
Objetivo general	5
Objetivo específico	5
CAPITULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
1. Cultivo de postlarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i>	6
1.1. Etapas de crecimiento larvario	6
1.1.1 Nauplio	7
1.2.1 Zoea	8
1.3.1 Mysis.....	8
1.4.1 Postlarva.....	8
1.2. Alimentación de Nauplio a Post larva	8
1.2.1. Nauplio – Zoea.....	8
1.2.2. Mysis – Post larva.....	8
1.2.3. Post Larva – Post Larva 14	9
1.3. Calidad y cantidad de alimento suministrado	9
2. Calidad del agua en larvicultura.....	10
2.1 Oxígeno disuelto	10
2.2 pH	11
2.3 Salinidad.....	11
2.4 Temperatura	11
2.5 Turbidez.....	11
2.6 Nitratos.....	12
3. Ciclo del nitrógeno	12

4.	Amonio ¿Qué se conoce?	14
4.1	Toxicidad del amonio	14
4.2	¿Cómo surge?	15
4.3	Determinación de Amonio	15
4.4	Control de amonio	16
5.	Amonio en función del pH y la temperatura	16
6.1	A nivel celular	17
6.3	Sobre el transporte de oxígeno	17
6.4	Descomposición de proteínas del balanceado	18
6.5	Conversión de materia orgánica	19
CAPITULO III		21
7.	MATERIALES Y MÉTODOS	21
7.1	Materiales	21
7.1.1	Materiales de campo	21
7.1.2	Materiales de laboratorio	21
7.1.3	Equipos	21
7.1.4	Sustancias, reactivos e insumos	22
7.1.5	Materiales de oficina	22
7.2	Metodología	22
7.2.1	Sitio de estudio	22
7.2.2	Diseño experimental	23
7.2.3	Variables a medir	24
7.2.4	Descripción de los tratamientos de estudio	24
7.3	Manejo del experimento	25
7.3.1	Adquisición de las PLs de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>)	25
7.3.2	Transporte de PLs al área de estudio	26
7.3.3	Adaptación y sostenibilidad de las PLs en el área de estudio	26
7.3.4	Proceso para elevar el pH	26
7.3.5	Proceso para elevar y disminuir la salinidad	26

7.3.6 Toma de parámetros	27
7.4 Pruebas de exposición de PLs frente a diferentes concentraciones de amonio.....	27
7.4.1 Ensayo #1 con 6 dosis de amonio en salinidad de 5 y 30 ppt con pH de 8,5	27
7.4.2 Ensayo #2 con 1 dosis de amonio en salinidad de 1 ppt con pH de 8,5	28
CAPITULO IV	29
8. RESULTADOS.....	29
8.1 Toxicidad de amonio en 30 ppt de salinidad	29
8.1.1 Toxicidad de amonio en 5 ppt de salinidad	30
8.1.2 Toxicidad de amonio en 1 ppt de salinidad	33
8.2 Consumo de oxígeno y temperatura a 30 ppm	34
8.2.1 Consumo de oxígeno y temperatura 5 ppm	35
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS	57

INDICE DE ILUSTRACION

Ilustración 1: Etapas de crecimiento larvario	7
Ilustración 2: Estadios de los nauplios	7
Ilustración 3: Ciclo del Nitrógeno	13
Ilustración 4: Gas metano	19
Ilustración 5: Panameñas	20

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de LC50 de N-amonio en especies de peneidos.....	18
Tabla 2 Descripción de cada de estudio y sus tratamientos	25
Tabla 3 Porcentaje de mortalidad (%) de Litopenaeus vannamei expuestos a varias concentraciones de amonio durante 104 horas.	29
Tabla 4 Porcentaje de mortalidad (%) de Litopenaeus vannamei expuestos a varios niveles de amonio durante 48 horas de exposición.....	31
Tabla 5 Porcentaje de mortalidad(%) de postlarvas de vannamei durante 12 horas de exposición en 1ppt de salinidad.....	34

Tabla 6 Promedio y desviación estándar en tallas de postlarva de <i>Litopenaus vannamei</i> utilizado en el ensayo a distintas salinidades y concentraciones de amonio.....	36
Tabla 7 Anova de tamaños de postlarvas entre grupos y dentro de los grupos a 30 de salinidad.....	37
Tabla 8 Media y desviacion estandar de tamaños para las dosis utilizadas en postlarvas a 30 ppm de salinidad.....	38
Tabla 9 Prueba post hoc de tamaños de postlarvas a 30 ppm de salinidad.....	39
Tabla 10 Pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov para tamaños de postlarvas a 5 ppt de salinidad.....	39
Tabla 11 Prueba de homogeneidad de varianzas de tamaños de postlarvas a 5ppt de salinidad.....	40
Tabla 12 Anova de tallas entre los grupos y dentro de los grupos en postlarvas a 5 ppt de salinidad.....	41
Tabla 13 Prueba Post Hoc en tamaños de postlarvas a 5 ppt de salinidad.....	42

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1 Porcentaje de mortalidad de postlarvas en diferentes concentraciones de amonio.	30
Gráfica 2 Porcentaje de mortalidad de postlarvas en diferentes concentraciones de amonio	32
Gráfica 3 Porcentaje de mortalidad en diferentes concentraciones de amonio.....	33
Gráfica 4 Consumo de oxígeno en función al tiempo de exposición en postlarvas de <i>Litopenaus vannamei</i> a 30 ppm de salinidad.....	35
Gráfica 5 Consumo de oxigeno de postlarvas de <i>Litopenaeus vannamei</i> en función al tiempo de exposición a 5 ppm de salinidad.....	36

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se tiene una mayor demanda de consumo de productos marinos, como peces, moluscos y crustáceos, a nivel mundial debido a que se los considera como una fuente de proteína animal importante por lo que en la actualidad según se producen más de 40 millones de ton, es decir que para el 2030 se prevé que la acuicultura proveerá de más del 50% de producción de alimento.

A pesar de que Ecuador posee una ubicación geográficamente estratégica, con un buen clima, lo que lo hace ideal para la producción de camarón durante todo el año ya sean bajo condiciones controladas de laboratorio o en sistemas de producción abiertos, los cultivos no están exentos de algunos problemas los cuales son producidos por algunos parámetros ya sean químicos o biológicos.

Para llevar a cabo una producción sostenible y exitosa, es necesario controlar algunos parámetros como la calidad de agua, tipo y cantidad de alimento y algunos otros parámetros abióticos que afectan directa o indirectamente en el desarrollo normal de la especie que se está teniendo en cultivo evitando de esta manera los sobrecostos (Hanna, 2020).

Conforme va pasando el agua por los estanques de producción, la calidad de esta se va modificando por algunos residuos ya sean disueltos o suspendidos los cuales por lo general son compuestos por desechos, alimentos no consumidos o incluso bacterias muertas. Estos desechos están compuestos principalmente por materia orgánica los cuales al diluirse pasan a convertirse en compuestos nitrogenados (Gallego & Pulido, 2017). Con respecto a la calidad del agua en las producciones debemos tener en cuenta algunos compuestos o metabolitos que pueden llegar a convertirse en tóxicos para el camarón, perjudicando la salud del mismo y por ende el crecimiento normal. De entre los metabolitos tóxicos más comunes tenemos al amonio y amoniaco los cuales pueden llegar a provocar desequilibrios de algunas sustancias presentes en el agua por lo que se los debe mantener por debajo de los 0,05 ppm de concentración, especialmente el amoniaco.

La presencia y aumento de estos compuestos se dan después de haber suministrado el alimento, esto por el metabolismo que se producen en las proteínas, además de los procesos de excreción. La descomposición del alimento no consumido produce tanto

amonio como amoniaco cuyas concentraciones van a variar siendo nocivas o no para la especie en producción llegando a la inhibición de crecimiento o en situaciones más extremas, provocar la mortalidad del cultivo por lo que es necesario mantenerlo bajo niveles no tóxicos. Hay que tomar en cuenta que, cuando se tiene niveles inestables de pH y temperatura pueden incrementar la toxicidad del amonio no ionizado.

A través del ciclo del nitrógeno, el cual es considerado como un proceso biológico en la cual se transforman algunos elementos de los cuales, si no se interrumpe dicho ciclo, mantendremos una buena calidad del agua, es decir, tendremos la oxidación del amoniaco pasando a nitritos y nitratos lo cual se da gracias a la acción de bacterias nitrificantes consideradas como benéficas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El amonio es considerado como un compuesto del nitrógeno que se encuentra en ambientes con un pH bajo por lo general. Este se genera principalmente por medio de la descomposición de los restos de excreciones de los camarones u otro material de tipo orgánico que puede llegar a contener nitrógeno, ya sea aeróbico o anaeróbico. Puede llegar a ser toxico si no se controla en los estanques de producción por lo que entender cómo se genera es de suma importancia para precautelar la salud de los camarones evitando de esta manera altas mortalidades y pérdidas de producción. Las altas concentraciones de este en el agua llegan a suprimir, en primer orden, el sistema de defensa de las post larvas siendo más susceptible y sensible al ataque de bacterias y patógenos oportunistas. Este llega a ser más toxico cuando se están llevando a cabo producciones a baja salinidad, provocando estrés el cual llega a ser más tóxico cuando se habla del desarrollo ontogenético ejerciendo efectos letales en los juveniles de camarón. A pesar de ser un compuesto de importancia para ser estudiado debido a las mortalidades que ha venido causando desde hace tiempo atrás, no existen estudios relevantes, es decir, es poco estudiado, por lo que investigar y brindar de información es primordial, ayudando al productor a entender cómo se conforma, como actúa y las formas de eliminarlo de las producciones.

JUSTIFICACION

Existe poca información relacionada al amonio en las postlarvas de camarón que se están produciendo en los estanques de producción, lo cual llega a ser un problema debido a las afectaciones que se podrían tener, tomando en cuenta que las post larvas aún no se encuentran desarrolladas por completo, y son más susceptibles a ataques de enfermedades producidas por bacterias oportunistas debido al estrés. Al ser el amonio un compuesto presente en los cultivos y que puede llegar a ser tóxico para los organismos es importante tener registros que nos ayuden a mantener este compuesto en concentraciones bajas evitando de esta manera su acumulación hasta niveles por sobre encima de los normales lo que llegaría a ocasionar estrés en los camarones, reduciendo los índices de crecimiento en biomasa y a su vez mermando la población por la mortalidad que se produce en presencia de este compuesto lo que conlleva a factores de conversión de alimento muy altos y por ende pérdidas económicas por baja rentabilidad de hectárea por piscina. Es por esto que, el desarrollo de este trabajo se basa en brindar de información para el productor relacionado al amonio, como este compuesto, que podría presentarse a lo largo del cultivo, llega a ser perjudicial, por lo que identificar su presencia es vital tomando las medidas correctivas correspondientes buscando de esta manera disminuir los niveles a valores normales o bajos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Someter postlarvas de *Litopenaeus vannamei* a diferentes concentraciones de amonio para comprobar la concentración letal en alta y baja salinidad.

Objetivo específico

Determinar las concentraciones tóxicas de amonio en postlarvas de camarón en un ambiente controlado en baja salinidad "1ppt" y alta salinidad "30ppt"

Indagar mediante revisión bibliográfica sobre los niveles tóxicos de amonio a diferentes salinidades para usarlo de referencia en la experimentación de la presente tesis.

Determinar las concentraciones máximas de amonio que toleran las post- larvas de *L. vannamei* en dos salinidades.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

1. Cultivo de postlarvas de *Litopenaeus vannamei*

Las hembras grávidas poseen una característica distintiva, y es que se las logra identificar fácilmente por sus ovarios verdes los cuales se los logra observar a través del caparazón. Con el paso del tiempo, los huevos pasan por la etapa de maduración para luego pasar por algunos estadios como son los nauplios, pequeñas larvas que tienen una alimentación a bases de su reserva vitelina (Quichimbo, 2022), Zoea y Mysis siendo el último estadio las post larvas donde el camarón se encuentra ya formado, idéntico al camarón adulto. Una vez alcanzado el estadio de PL (post-larva), estas comienzan a redireccionarse de la costa hacia los estuarios donde tendrán un desarrollo normal puesto que, en este tipo de ecosistemas existe una mayor cantidad de alimento, temperaturas más cálidas, salinidades ideales (Bermudez et al., 2017), además de que les brindan la protección contra algunos depredadores. Tiempo transcurrido después de haber pasado por algunos periodos de muda (formación de nuevo exoesqueleto), las post larvas abandonan su estadio convirtiéndose en juveniles y manteniéndose en el lugar durante 4 meses (Morales, 1990). Pasado el tiempo, los juveniles y adultos comienzan a migrar de regreso al mar para tener un crecimiento más rápido (Patricio, 2017).

1.1. Etapas de crecimiento larvario

Las larvas pasan por cuatro diferentes estadios de crecimiento como lo es el nauplio, Protozoa, Mysis y Postlarva. En cada uno de los estadios, la larva tiene un desarrollo distinto hasta completa todo su sistema interno y externo (Garnica, 2016).

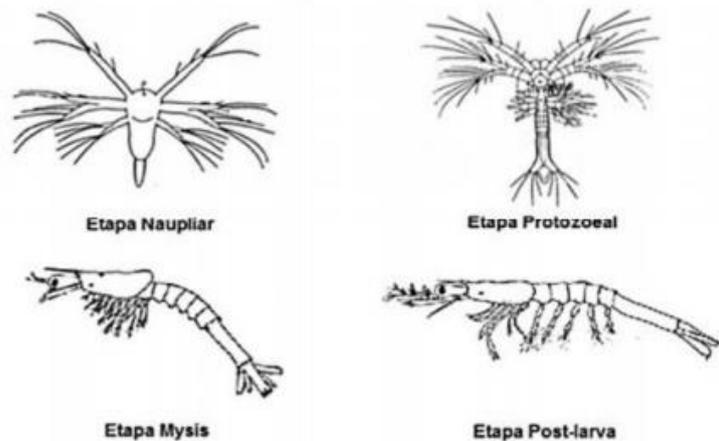


Ilustración 1: Etapas de crecimiento larvario
Fuente: (FAO, 2016)

1.1.1 Nauplio

Una vez eclosionados los huevos, es decir, pasados los 10 a 14 horas se da paso al primer estadio larvarios como son los nauplios el cual se encuentra subdividido en 5 estadios; nauplio 1, nauplio 2, nauplio 3, nauplio 4, nauplio 5. Esta fase dura únicamente entre 40 a 50 horas por lo que su alimentación se basa en sus reservas de los sacos vitelinos. (Alonso & Hernández, 2011), a su vez, siente una atracción por la luz y una vez mudada se observa más grande.

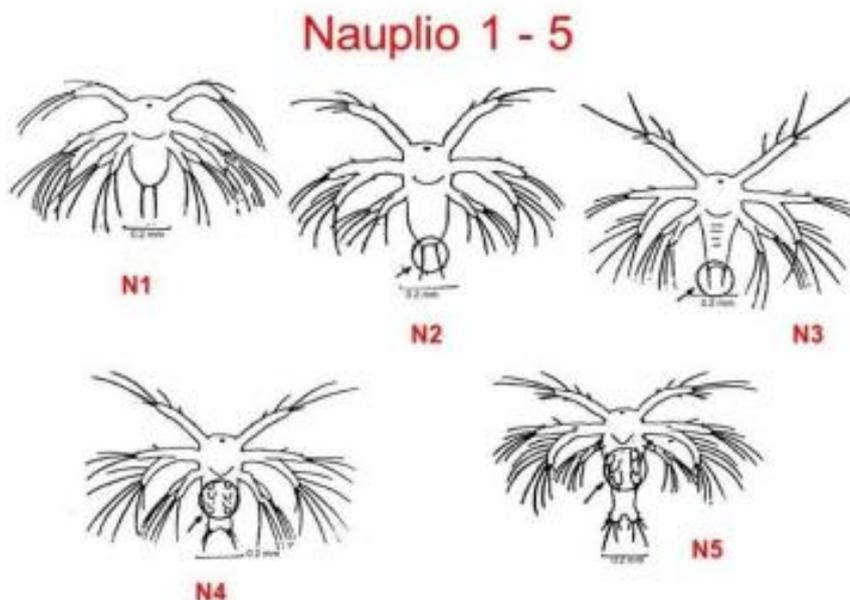


Ilustración 2: Estadios de los nauplios
Fuente: (Marcillo, 2014)

1.2.1 Zoea

Después de los nauplios, llega el estadio Zoea subdividido de igual manera en tres estadios más; Zoea 1, Zoea 2, Zoea 3. En este estadio ya aparece el cefalotórax teniendo un tiempo de duración de 3 a 4 días, esto depende mucho de la cantidad y la calidad del alimento que se usa (Ordoñez, 2017). En este caso tienen una alimentación basada en microalgas ya que aún no tiene desarrollada por completo su cavidad bucal. En Zoea ya se puede apreciar un caparazón, además de divisiones entre la cabeza, tórax y el abdomen. En Zoea 1 se muestra la larva con un caparazón sin espina y sin precia de segmentos abdominales, esto además de mostrarse un solo ojo naupliar. Ya en Zoea 2 se muestra el caparazón con presencia de las espinas y espinas supraorbitales además del telson con separación entre el segmento seis (Franco, 2000).

1.3.1 Mysis

Terminada el estadio de Zoea 3, vienen Mysis donde ya se observa un cuerpo encorvado y contracciones abdominales que les permiten el nado (Villacrés, 2016). Al igual que el anterior, se encuentra subdividido en tres estadios más. Ya posee una alimentación viva y sólida (Valarezo, 2016).

1.4.1 Postlarva

Pasado por un periodo de tiempo, se llega a la etapa de post larva la cual dura alrededor de 20 días pasando por un subestadio por día, es decir PL 1, PL 2, PL 3, PL 4 y así sucesivamente. Ya en este estadio los camarones poseen todos sus órganos completos por lo que pueden tener un alimento sólido y a base de artemia la cual es considerada como un alimento natural y vivo, además de que contiene nutrientes especiales (Nieves, Almaraz, López, & Peraza, 2021).

1.2. Alimentación de Nauplio a Post larva

1.2.1. Nauplio – Zoea

En la primera etapa, después del huevo, el nauplio tiene una alimentación basada en su propia reserva de nutrientes del saco vitelino, posteriormente, cambia su alimentación a una basada en alimento vivo a base de microalgas las cuales las filtran aprovechando sus nutrientes (Varela, 2018).

1.2.2. Mysis – Post larva

En la etapa de Mysis se suministra una dieta seca basada en balanceado entre 12 g/ millón larvas el cual es dosificado cada 4 horas, al final del día se pueden llegar a suministrar 6 dietas (Varela, 2018). Se recomiendan dietas con un porcentaje mayor al 30% de proteína para que las post larvas tengan un desarrollo normal durante el cultivo. (Zambrano et al., 2021). Por otro lado, en la investigación realizada por (Ramos et al., 2019) mencionan que cuando se combina balanceado con artemia en biomasa se pueden llegar a generar beneficios por sobre el sistema de defensa de los camarones.

1.2.3. Post Larva – Post Larva 14

Ya en post larvas se suministra, aparte del balanceado, otro tipo de insumos como probióticos, vitaminas y artemia los cuales contribuyen con una mayor sobrevivencia y crecimiento. En este estadio se suele suministrar hasta 30 gr/ millón larva y pueden llegar a pasar hasta 20 días de cultivo antes de ser transferidos a estanques precrías o de engorde directo (Varela, 2018).

En esta etapa es importante que las post larvas mantengan una buena nutrición para que el organismo pueda cumplir con los procesos relacionados a la fisiología y metabolismo. Es necesario los lípidos, proteínas, vitaminas, carbohidratos y minerales para que el camarón pueda tener un buen sistema de defensa contra el ataque de bacterias patógenas. (Corral, 2019). Por otro lado (Curbelo et al., 2016) mencionan que la alimentación de las postlarvas es de tipo bentónica. Las proteínas presentes en el balanceado son esenciales para mantener los ritmos de crecimiento del camarón teniendo impactos positivos en la sobrevivencia y sobre niveles inmunológicos (Cobo & Pérez, 2018).

1.3. Calidad y cantidad de alimento suministrado

Cuando se habla de cantidad y calidad de alimento se está haciendo referencia a la composición que tiene este, esto además del uso de diferentes métodos con los cuales se suministra este alimento, esto relacionado a la proteína vegetal y animal (Peixoto, Soares, & Davis, 2020). Por otro lado (Reis et al., 2020) señalan que el camarón blanco del pacífico tiene un tipo de alimentación lenta, pero con capacidad de almacenar nutrientes de acuerdo a las frecuencias de alimentación determinando de esta manera el aumento en peso y talla. En el caso de que no se tenga una alimentación eficiente se tendrán consecuencias en el sistema digestivo, por lo que el camarón se verá afectado por estrés y afecciones por enfermedades (Boyd C. , 2019).

Cuando se cumple con las dietas y se suministra una buena calidad de alimento con porcentajes de nutrientes óptimos se puede mejorar los procesos de desoves en estas especies, esto, haciendo referencia en las dietas frescas y dietas vivas. (Alvarado et al., 2018).

2. Calidad del agua en larvicultura

La calidad de agua es considerada como una variable importante en los medios de producción acuáticos debido a sus características ecológica determinando la capacidad de mantenimiento de los ecosistemas que ayudan a satisfacer las diferentes necesidades (Saud, 2022). Existe una variedad de índices que nos puedes mostrar un aproximado de los componentes y la calidad de agua que estamos usando, sin embargo, por lo general se hace uso únicamente de los principales variando entre las concentraciones de oxígeno, el nitrógeno ya sean en forma de nitratos o nitrógeno amoniacal, fósforo, pH y algunos solidos totales (Fernández & Solano , 2005). Para el control de la calidad de agua hay que tener en cuenta algunos parámetros tanto químicos, físicos y biológicos los cuales ayudaran a mantener un mejor control en los cultivos evitando el estrés en los organismos (Vera, 2017). (Toro, 2022) menciona que los parámetros más importantes a considerar para evitar la contaminación en los cultivos son el oxígeno disuelto, el pH, la salinidad, la temperatura, la turbidez, los nitratos y principalmente el amonio.

2.1 Oxígeno disuelto

El oxígeno es un parámetro importante que está relacionado directamente con el desarrollo y la sobrevivencia de los organismos vivos que se encuentran en el cultivo por lo que se lo identifica como un parámetro relacionado con la calidad de agua involucrando su solubilidad en el ambiente, el consumo de las especies y el medio (Carranza, 2020). Con respecto a las concentraciones de este en el medio, van a variar debido a la influencia de la respiración, tanto de los animales como las del suelo por proceso de descomposición de materia orgánica, alguna otra reacción química y por su puesto la fotosíntesis como respuesta a la presencia de microalgas (Rondón, 2020), cuya actividad va a depender de las concentraciones de oxígeno disuelto y es por este motivo que se lo considera como un parámetro clave de control (Carchipulla, 2018). Cuando se presentan concentraciones bajas de oxígeno, los organismos en cultivo tienen de estresarse reduciendo la capacidad de alimentación y aumento del consumo de energía, si no se controla a tiempo puede llegar a ocasionar la muerte (Gattorno & Pocasangre, 2019). Es necesario que las

concentraciones de oxígeno disuelto permanezcan por encima de los 4 mg/l hasta los 7 mg/l (Gil Meseguer, Bernabé, & Gómez, 2018).

2.2 pH

El pH es otro indicador de la calidad de agua puesto que al ser analizada nos muestra si el medio se encuentra ácido (<7), básico (>7) o neutro (7) (Paredes & Rodríguez, 2020). Cuando existen variaciones muy acentuadas puede llegar a ser letales para los camarones, además de una inhibición del crecimiento si no se controla, además de afectar el exoesqueleto del camarón (Millard et al., 2021). El uso de la cal y la melaza son muy usados para el control de pH en los suelos incluyendo procesos de biorremediación (Ching, 2021).

2.3 Salinidad

Cuando se habla de salinidad, se está haciendo referencia a los iones que se encuentran disueltos en el medio, en este caso el agua, la cual se encuentra relacionada con el crecimiento de los organismos y por los mecanismos de osmorregulación. (Carchipulla, 2018). Es importante que las variaciones de salinidad no sean notorias puesto que pueden llegar a afectar a las poblaciones de fitoplancton provocando una gran inestabilidad en el medio, por lo que reducir la salinidad >5 ppt no es recomendable.

2.4 Temperatura

La temperatura se relaciona junto con el oxígeno puesto que, esta regula las concentraciones y la capacidad de absorción, además de la sedimentación, mezcla de compuestos o gases y la actividad metabólica de las especies en cultivo. A medida que se tiene un incremento de temperatura, la respiración y el crecimiento de los camarones se acelerado por lo que, a mayor temperatura, mayor actividad metabólica y por ende mayor índice de respiración. El camarón puede llegar a tener un crecimiento más rápido cuando se alcanzan los 30 °C, pero a su vez necesitara mayores concentraciones de oxígeno (Bermudes et al., 2017). Hay que tomar en cuenta también que cuando se tiene un aumento de temperatura en el agua, se está creando una capa de estratificación que hará que el agua de fondo sea más fría (López et al., 2017).

2.5 Turbidez

La turbidez se la define como la “coloración” o la “ausencia” de transparencia que posee el agua esto debido a la falta de algunos materiales de tipo orgánico o minerales. A

medidas que se presenta una coloración es debido a la presencia de partículas que se encuentran suspendidas ya sea por cantidad o tamaño de cada una de ellas. Cuando se tiene una turbidez excesiva, estamos limitando la capacidad de los camarones para poder capturar el alimento teniendo un desperdicio y aumentando el consumo de oxígeno por descomposición. De igual manera, con niveles de turbidez, tendremos presencia de fitoplancton por lo que las concentraciones de oxígeno serán normales en el día por producción mediante fotosíntesis, pero al caer la noche, estos mismos organismos son los encargados de consumirlo por lo que tendremos bajas concentraciones y por ende posibles barbeos. La turbidez se recomienda de entre 25 a 30 cm midiéndola con ayuda del disco secchi, (Delegido et al., 2019), por lo que (Boyd C et al., 2018) menciona que el control de nitrógeno y fósforo es esencial para regular la presencia de la productividad primaria (fitoplancton).

2.6 Nitratos

El nitrato es el resultado de la nitrificación del amonio, teniendo como intermediarios a los nitritos. Este puede llegar a presentar un rango de toxicidad dependiendo de cuan concentrado se encuentra en el ambiente y el estadio en el que se encuentra el camarón, ya sea como larva, juvenil o adulto, puesto que cada uno tiene un rango de tolerancia conforme se vaya desarrollando. Los nitratos pueden permanecer y ser arrastrados por las corrientes hacia sedimentos que tenga grados de permeabilidad por lo que las aguas que se usan para la acuicultura generalmente llegan cargadas de nitratos, amonio y otras formas como el nitrógeno orgánico siendo el primero el principalmente usado por las plantas como fuente de nitrógeno. Los valores normales de nitratos en la producción de camarón *Litopenaeus vannamei* es de 0.4 a 0.8 mg/l (García et al., 2018).

3. Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno se encuentra en todas partes componiendo cerca del 80% de total volumétrico de la tierra encontrándose en mayor presencia que el propio oxígeno.



Ilustración 3: Ciclo del Nitrógeno
Fuente: (Dréo, 2013)

En las producciones acuícola, la forma de entrada del nitrógeno es por medio del alimento o piensos que se suministran a las especies de cultivo el cual luego es excretado en forma de amoníaco total (Wongkiew et al., 2017). Cuando se tienen un ambiente ácido o neutro, el nitrógeno pasa a convertirse en amonio, mientras que cuando se tiene un ambiente con pH alto pasa a amoníaco. La concentración del amoníaco depende de la temperatura y el pH.

En el proceso de nitrificación, el oxígeno que se usa se encarga de convertir el amonio total a nitrato en dos fases, donde una de ellas es llevada a cabo por bacterias de tipo *Nitrosomonas* las cuales convierten el amonio total a nitrito. Luego de esto, los nitritos pasan a nitratos mediante acción de otro grupo de bacterias denominadas *Nitrobacter* las cuales son quimios autótrofas por excelencia por lo que utilizan el HCO_3 y CO_2 para el desarrollo de estas como principio bacteriano (Rivera, 2017).

La desnitrificación se da principalmente por ausencia de oxígeno en ambiente anóxicos donde el nitrito pasa a nitrato y por ende termina en nitrógeno libre. Esto únicamente puede llevarse a cabo por organismos microscópicos autótrofos, heterótrofos y en algunos casos por hongos (Vaca, 2016). Durante la descomposición desnitrificante, los

compuestos que resultan de esto sirven como alimento para organismos de menor tamaño denominados procariontes obteniendo la energía para vivir (Álvarez, 2021).

Cuando se tiene un suministro de nitrógeno muy elevado en los cultivos hasta el punto de que estos no puedan asimilarlo, se provoca un deterioro en la calidad de agua debido al exceso de concentraciones como el amonio, nitratos y nitritos afectando la biota natural y reduciendo los niveles de oxígeno, pH, lo cual resulta en el aumento de organismos no deseados (Kathyayani et al., 2019). Por lo general, estos contaminantes como heces, urea, amoniaco, camarones muertos y alimento no consumido son descargados directamente sobre efluentes cercanos (Hong et al., 2020).

4. Amonio ¿Qué se conoce?

Esta es una de las sustancias químicas que más se usa a nivel industrial por lo que es considerado como el mayor contaminante de los ecosistemas acuáticos a nivel mundial debido a que es descargado sin ningún tipo de control a los efluentes de la industria o la agricultura.

La representación del amonio químicamente es de NH_3 , cuando se hace mención del amoniaco, mientras que NH_4 cuando se menciona al amonio ionizado siendo esta ultima la menos toxica.

4.1 Toxicidad del amonio

Es importante saber reconocer las acciones sobre los procesos fisiológicos que se producen cuando se presentan concentraciones subletales de amonio en el medio, con esto, se puede prevenir mediciones incorrectas de este compuesto (Sprague, 1969). Las proteínas metabolizadas son la principal fuente de nitrógeno en la producción de camarón, mientras que el amonio resulta principalmente de la catabolización de proteínas por lo que los problemas relacionados con toxicidad llegan a ocurrir en cualquier sistema de cultivo (Campbell, 1973).

La razón por la que el amonio se encuentra en forma ionizada y forma no ionizada es debido a que el NH_3 es lipofílico y el NH_4 es lipofóbico. Por otro lado (Chen & Chin., 1989) menciona que el amonio tiende a convertirse toxico conforme se va incrementando las proporciones de NH_3 bajo una solución.

4.2 ¿Cómo surge?

El alimento balanceado que se suministra a los organismos en cultivo trae un riesgo muy importante, intoxicación de los organismos por presencia de amonio, el cual se presenta en el medio debido a la metabolización de proteínas. Este es excretado por medio de las branquias (difusión), es decir, de un medio con concentración hacia otro con poca concentración. Por lo general, este problema se presenta con mayor frecuencia en cultivos intensivos puesto que en algunos casos los filtros que se usan fallan, o sino debido a la deficiencia en los recambios de agua. A diferencia de otro tipo de cultivos tradicionales que se realizan en estanques de tierra, semi intensivos o extensivos, donde el amonio no representa tanta peligrosidad siempre y cuando no se tenga algunos restos de residuos orgánicos que se encuentran acumulados o en casos donde los estanques tienen un exceso de materia orgánica (>4%) (Vinatea et al., 2020). Los rangos que soportan los animales de amonio en los cultivos son de <1.

4.3 Determinación de Amonio

Se pueden determinar cantidades y concentraciones de amonio en los estanques de producción mediante el uso de kits de análisis del agua, teniendo kits desde los más básicos hasta los más complejos donde se hace uso de espectrofotometría. Hay que tomar en cuenta que el amonio puede tomar diferentes formas en el agua cuando se presentan variaciones del pH (Vinatea et al., 2020).

Cuando se habla de amonio total, nos estamos refiriendo a la suma del amonio en su forma ionizada (NH_4^+) junto con su forma no ionizada (NH_3) por lo que para determinar los resultados y a quien pertenecen es necesario verificar haciendo uso de las tablas de porcentajes que muestran cantidades de amonio no ionizado junto con la temperatura y el pH. De igual manera no se debe confundir el amonio total con el nitrógeno amoniacal total puesto que este último puede pasar a convertirse en amonio total mediante una multiplicación que involucra 1,21 como factor, es decir, si haciendo uso del espectrofotómetro se obtiene una concentración de 2,45 mg/l de nitrógeno amoniacal total al multiplicarlo por el factor (1,21), tendremos 2,96 mg/l de amonio total (Vinatea et al., 2020).

4.4 Control de amonio

En el caso de cultivos abiertos, el amonio se lo puede controlar mediante los recambios de agua de acuerdo a la necesidad, sin embargo, cuando se habla de cultivos con recirculación o RAS, los filtros biológicos son los encargados de la transformación de amonio, el cual es el toxico, a otro compuesto menos toxico, como lo son los nitratos. En el caso de los cultivos donde se hace uso del sistema biofloc, el amonio es controlado mediante el reciclaje provocado por bacterias de tipo heterótrofas las cuales absorben este compuesto para luego pasar a ser convertido en proteína bacteriana, siempre y cuando se mantenga una relación de 20/1 en relación C/N (Vinatea et al., 2020). El amonio puede pasar a convertirse en nitratos por medio del uso de bacterias nitrificantes.

5. Amonio en función del pH y la temperatura

El amonio en molécula (NH_3) que se encuentra hidratada tiende a unirse por medio de los puentes que se forman de hidrogeno junto a moléculas de agua. De igual manera, el amonio no ionizado se encuentra simple mientras, ambos formándose y sumándose como amonio total.



Con la expresión se puede observar que las concentraciones de amonio se mantienen dependientes del pH, sin embargo, existen otros factores también que se involucran como la temperatura. (Emerson et al., 1975) presentó algunas tablas donde varían algunas temperaturas y niveles de pH, pero sin considerar la salinidad por lo que estos valores son aplicados para aguas sin salinidad o aguas dulces.

$$\text{Ln KNH}_4^+ = 6285.33/\text{T} + 0.0001635\text{T} - 0.25444 + (0.46532-123.7184/\text{T})\text{S} + (- 0.01992 + 3.17556/\text{T})\text{S}$$

T es la representación de la temperatura en °K, mientras que la salinidad es representada por S. A pesar de que la siguiente expresión es usada para representan agua marina no se tiene una especificidad con respecto a que intervalo. A mayor concentración de pH, mayor será la presencia de amonio no ionizada. Por ejemplo, si se tiene presencia de agua de mar con una salinidad a 35 ups, con lectura de pH de 8.1 y temperatura 25 °C la concentración constante de 9.5 con 95% de amonio ionizado y un 5% de amonio no ionizado (Frías & Páez, 2001).

Entonces, se puede mencionar que el amonio se vuelve tóxico en función de la salinidad, pH, temperatura y alcalinidad del agua, esto sumando al amonio concentrado presente en las branquias. Entre más elevada sea el pH y la temperatura, mayor toxicidad será el amonio esto a la disociación que se redirecciona hacia la forma de NH_3 . (Frías & Páez, 2001).

6. Efecto del amonio

6.1 A nivel celular

Desde la hemolinfa el NH_3 se libera pasando a convertirse en NH_4 cuando se elimina el OH^- lo que provoca que se aumente el pH a nivel intracelular desatando de esta manera algunas reacciones enzimáticas (Campbell, 1973). Añadiendo, cuando se tienen concentraciones altas de NH_4 pueden llegar a provocar inversamente reacciones sobre la enzima glutamato-deshidrogenasa, además de retirar cetoglutarato, bajando de esta manera las cantidades de NADH que puede llegar a estar disponible para procesos de oxidación (Campbell, 1973). Es por esto que cuando se produce un aumento de glutamato se tiene como resultado la disminución celular de ATP por medio de la conversión de glutamato a glutamina.

6.2 Sobre la osmorregulación

La osmorregulación se ve afectada por concentraciones elevadas de amonio lo que incrementa la permeabilidad de los camarones lo que se reduce a su vez la concentración de iones en la hemolinfa (Chen & Chen., 1996). De igual manera cuando se adicionan los iones de NH_4 al medio circundante, se inhibe a Na^+ con respecto a su absorción lo que produce una reducción de hemolinfa puesto que el sodio es el catión que más abundancia tiene en esta. En un estudio realizado por (Chen, Cheng, & Chen., 1994) mencionan que tanto la glutamina como la taurina tienen a comportarse como osmoreguladores de hemolinfa por lo que ellos expusieron a *P. japonicus* a amonio aumentando la concentración de iones de la hemolinfa. Sin embargo al mismo tiempo se menciona que el amonio ya sea bajo concepto de entrada o salida puede afectar el metabolismo proteico presente en la hemolinfa.

6.3 Sobre el transporte de oxígeno

(Colt & Armstrong , 1981) menciona que los organismos acuáticos pueden verse complicados para poder transportar el O_2 por todos sus tejidos por lo que se podrían

producir daños branquiales, capacidad de la sangre para transportar O₂, además de incrementar la necesidad de oxígeno y daños a nivel histológicos de órganos y otras células. El amonio se vuelve mucho más tóxico cuando se tienen concentraciones bajas de oxígeno por lo que si se tienen una concentración de 1.6 mg/l de amonio a una concentración de 2.3 mg/l de O₂ se pueden llegar a tener mortalidades del 90%, mientras que con niveles de 5.7 mg/l a la misma concentración la mortalidad puede llegar a ser únicamente del 33% (Allan, Maguire, & Hopkins, 1990).

Tabla 1: Valores de LC₅₀ de N-amonio en especies de peneidos

Especie	LC ₅₀			Referencia
	24 hr	48 hr	96 hr	
<i>P. indicus</i> (mysis)	46.01			Jayasankar y Muthu /1983a
<i>P. paulensis</i> (PL1)	24.19	8.59	5.49	Ostrensky y Wasielesky (1995)
<i>Metapenaeus</i> (PL1)	30.3	16.7		Chen et al. (1991)
<i>L. vannamei</i> (PL12)	51.2	27.7	11.4	Chin y Chen (1987)
<i>P. monodon</i> (PL6)	17.9	12.5	12.2	Frias-Espericueta et al. (2000)
<i>P. japonicus</i> (PL12)	53.4	33.8	28.9	Chen et al. (1989)
<i>P. setiferus</i> (PL25)	11.5	9.4		Alcaraz et al. (1990)
<i>P. semisulcatus</i> (juvenil, 0.3-2.4g)			23.7	Wajsbrodt et al. (1990)
<i>P. chinensis</i> (juvenil, 0.36 g)	79.9	51.1	35.1	Chen et al. (1990a)
<i>L. vannamei</i> (juvenil, 0.99 g)	113.4	92.5	65.2	Frías-Espericueta et al. (1999)
<i>M. macleayi</i> (juvenil, 2 g)			26.3	Allan et al. (1990)
<i>P. monodon</i> (juvenil, 2.2 g)			37.7	Allan et al. (1990)
<i>L. vannamei</i> (juvenil, 2.8 g)		110.6	70.9	Frias-Espericueta et al. (1999)
<i>P. monodon</i> (juvenil, 4.87 g)	97.7	88	42.6	Chen et al. (1990b)
<i>P. paulensis</i> (juvenil 5.4 g)	51.8	43.1	38.7	Ostrensky y Wasielesky (1995)

Fuente: (Frías & Páez, 2001)

6.4 Descomposición de proteínas del balanceado

El alimento balanceado en la acuicultura puede llegar a constituir hasta el 60% de gastos por lo que saber administrar este factor es de suma importancia especialmente al momento de racionarlo durante el día evitando desperdicios y posterior descomposición.

A medida en que el alimento envejece, sus componentes como nutrientes y vitaminas comienzan a tener un proceso de degradación volviéndolo menos eficiente al cumplir con el objetivo al momento de ser suministrado.

6.5 Conversión de materia orgánica

En la acuicultura, ya sea de tipo extensiva, semi intensiva o intensiva se tiene un residuo en común que se acumula por el alimento que no se consume, microorganismos muertos, o las heces que desechan los animales en producción (Boyd C., 2020). Toda esta materia orgánica tiende a descomponerse, y dependiendo de las concentraciones de oxígeno, puede ser de forma aerobia o anaerobia. Cuando actúan las bacterias aerobias, transforman de manera más rápida las proteínas de tipo bacteriana además del dióxido de carbono y el amonio, mientras que, cuando actúan las bacterias anaeróbicas, se produce amonio, gas metano y sulfuro de hidrógeno. Cabe recalcar que cuando hay presencia de gas metano, al momento de liberarse, se puede observar un burbujeo en la superficie del agua, esto se da debido al exceso de materia orgánica (Vinatea et al., 2020).



Ilustración 4: Gas metano
Fuente: (Vinatea et al., 2020).

Cuando se habla de sulfuro de hidrógeno, los fondos tendrán un fuerte olor a podrido, esto debido al azufre que se libera, además de que es tóxico, junto con el metano se forman debido al potencial redox siendo ambos electronegativos y comunes en condiciones con ausencia de oxígeno y ambientes ácidos (Vinatea et al., 2020).

Para la prevención de acumulación de materia orgánica, es necesario controlar las raciones de alimento balanceado que se suministra, en lo posible, usar alimentos con mayor grado de digestibilidad, evitar que el agua este transparente, en lo posible no mejor a 35 cm y por último procurar en entierro de las “panameñas” que se forman al momento de levantar los muros (Vinatea et al., 2020).

Cuando se hace referencia a la materia orgánica lábil, nos estamos refiriendo a las proteínas, almidón, azúcar y celulosa, las cuales se degradan rápido mientras que, otros compuestos como las ceras, grasas ligninas y taninos tienen una descomposición más

lenta por lo que se la conoce como materia orgánica refractaria, siendo esta la que aumenta descomponiendo a la vez algunos restos bacterianos (Boyd., 2020).

La descomposición de la materia se vuelve cada vez más lenta conforme se va adentrando en profundidad, por lo que dentro de los primeros cinco centímetros de profundidad se producirá una descomposición más rápida. De entre la capa floculante, se da paso a la descomposición de la materia orgánica lábil mediante reacción aeróbica (Boyd., 2020).



Ilustración 5: Panameñas
Fuente: (Vinatea et al., 2020).

En la actualidad, para prevenir y combatir este problema, se hacen uso de biorremediadores, en general, compuestos por bacterias de tipo heterotróficas además de algunas enzimas que se encargan de la degradación de la MO ya sean en estanques llenos, o cuando están vacíos durante la preparación de las piscinas (Vinatea., 2020).

CAPITULO III

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Materiales

7.1.1 Materiales de campo

- Botellas de vidrio de 1 litro
- Postlarvas de camarón *Litopenaeus vannamei*
- Jeringas de 10 ml
- Frascos plásticos de 100 ml
- Peceras
- Piedras difusoras

7.1.2 Materiales de laboratorio

- Pipetas
- Vasos de precipitación
- Mandil

7.1.3 Equipos

- Salinómetro
- Balanza digital
- Aireadores marca JAD
- Espectrofotómetro YSI 9300
- PH-metro
- Balanza de precisión
- Oxigenometro
- Escalímetro

7.1.4 Sustancias, reactivos e insumos

- Agua de mar tratada
- Cloruro de amonio
- Hidróxido de sodio
- Reactivos (acondicionador para determinar amonio)
- Pastillas (Amonio #1 y #2)
- Kit de amonio de la marca API
- Sal marina en grano de 2 tipos (grano fino-refinado y grano grueso)
- Agua destilada

7.1.5 Materiales de oficina

- Cuaderno de apuntes
- Esferográficos
- Computadora
- Microsoft Excel

7.2 Metodología

7.2.1 Sitio de estudio

El estudio se ejecutó en el área de Laboratorio de Bioquímica, que se encuentra ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UTMACH), ciudad Machala, El Oro, Ecuador, con las coordenadas 3°17'29"S 79°54'52"W.

7.2.2 Diseño experimental

Se desarrolló el estudio experimental empleando un diseño completamente al azar, en el cual se utilizaron 92 unidades experimentales, donde 13 corresponden al control y 79 a las réplicas. Se trabajó con un factor de estudio que fue evaluar la toxicidad de amonio en postlarvas y con 6 tratamientos que fueron: dosis del producto (cloruro de amonio), agua con salinidad de 30 ppt, 5 ppt y 1ppt, también un pH alrededor de $8,25 \pm$ y 8,5 e intervalos de tiempo de cada cuatro horas.

Croquis del diseño experimental

S 30 ppt + NH ₄						
C1	D1-R1	D1-R2	D1-R3	D1-R4	D1-R5	D1-R6
C2	D2-R1	D2-R2	D2-R3	D2-R4	D2-R5	D2-R6
C3	D3-R1	D3-R2	D3-R3	D3-R4	D3-R5	D3-R6
C4	D4-R1	D4-R2	D4-R3	D4-R4	D4-R5	D4-R6
C5	D5-R1	D5-R2	D5-R3	D5-R4	D5-R5	D5-R6
C6	D6-R1	D6-R2	D6-R3	D6-R4	D6-R5	D6-R6

S 5 ppt + NH ₄						
C1	D1-R1	D1-R2	D1-R3	D1-R4	D1-R5	D1-R6
C2	D2-R1	D2-R2	D2-R3	D2-R4	D2-R5	D2-R6
C3	D3-R1	D3-R2	D3-R3	D3-R4	D3-R5	D3-R6
C4	D4-R1	D4-R2	D4-R3	D4-R4	D4-R5	D4-R6
C5	D5-R1	D5-R2	D5-R3	D5-R4	D5-R5	D5-R6
C6	D6-R1	D6-R2	D6-R3	D6-R4	D6-R5	D6-R6

Salinidad de 1 ppt + NH₄
--

C1	D1- R1	D1- R2	D1- R3	D1- R4	D1- R5	D1- R6	D1- R7
----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Códigos

S30= Salinidad de 30ppt

S5= Salinidad de 5 ppt

S1= Salinidad de 1ppt

C= Control

D= Dosis

R= Replicas

7.2.3 Variables a medir

Las variables que se midieron durante el estudio fueron las siguientes:

- Mortalidad de las PLs en relación a diferentes concentraciones de amonio, comportamiento.
- Consumo de oxígeno de las PLs.
- Variabilidad de tallas después de la muerte de las PLs.

7.2.4 Descripción de los tratamientos de estudio

Se realizaron dos ensayos. El primer ensayo consistió de 6 dosis diferentes de cloruro de amonio en salinidad de 5 y 30 ppt con pH entre 8,25 y 8,5 en donde se observó el comportamiento de las postlarvas cada cuatro horas en un lapso de cinco días. En base al resultado del primer ensayo, en el segundo ensayo se aplicó una sola dosis de cloruro de amonio en salinidad de 1 ppt con pH entre 8,25 y 8,5 en donde de igual manera se observó el comportamiento de las postlarvas cada cuatro horas en un lapso de dos días.

Tabla 2 Descripción de cada de estudio y sus tratamientos

Ensayo	Dosis de cloruro de amonio	Tiempo	Salinidad	pH	Consumo de oxigeno
Ensayo 1	Dosis 1: 30 mg/L.	Cada 4 horas en un lapso de 5 días	5 y 30 ppt	8,25 a 8,5	No
	Dosis 2: 60 mg/L				
	Dosis 3: 75 mg/L				
	Dosis 4: 120 mg/L				
	Dosis 5: 180 mg/L				
	Dosis 6: 240 mg/L				
Ensayo 2	D1: 60 mg/L	Cada 4 horas en un lapso de 2 días	1 ppt	8,25 a 8,5	Cada 2 horas hasta la mortalidad

Elaborado por los autores.

7.3 Manejo del experimento

7.3.1 Adquisición de las PLs de camarón (*Litopenaeus vannamei*)

Las PLs fueron obtenidas de un laboratorio de larvas ubicado en el sector El Coco, del cantón Machala. El estadio en el cual se encontraban el día de la recolección era PL 17 y la salinidad con la se mantenían era de 20 ppt. El total de PLs que se adquirió fue de aproximadamente 5000 animales y su alimentación consistió de alimento balanceado con 40% de proteína.

7.3.2 Transporte de PLs al área de estudio

Para el traslado de las PLs se ocuparon dos fundas plásticas con una densidad de 2500 animales aproximadamente en cada una, las cuales fueron llevadas al Laboratorio de Bioquímica, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UTMACH).

7.3.3 Adaptación y sostenibilidad de las PLs en el área de estudio

Se realizó la aclimatación de las PLs en dos acuarios de 30 litros de volumen, donde se procedió la respectiva alimentación con 2 dosis al día. Además, se mantuvo recambios agua y adición de bacterias benéficas. Este proceso se llevó a cabo durante 5 días, con el fin que los organismos permanezcan en óptimas condiciones, donde también se llevó a cabo el control de parámetros tales como amonio, temperatura, salinidad y pH.

7.3.4 Proceso para elevar el pH

Para el proceso de elevación del pH se utilizó hidróxido de sodio químicamente puro y para la medición se utilizó un pHchmetro. Se aplicó una cantidad de 0,1 gramos para diluirlo en 1 litro de agua la cual contenía un pH de 7,60. Luego de aplicar el producto, el pH fue de 8,45 el cual se aproxima a 8,5 que era lo requerido.

7.3.5 Proceso para elevar y disminuir la salinidad

Para disminuir la salinidad se utilizó la siguiente fórmula:

Volumen del tanque: $\pi \cdot r^2 \cdot h$

Volumen de agua de renovar

$C1 \times V1 = C2 \times V2$

$V1 = C2 \times V2 / C1 = 0,030m^3 \times 10 \text{ ppt} / 20\text{ppt} = 0,015 m^3$

$$= 0,030\text{m}^3 - 0,015\text{m}^3 = 0,015 \text{ m}^3$$

$$0,015\text{m}^3 \times 100000 \text{ ml} = 150\text{ml}$$

Para subir la salinidad se utilizó la siguiente fórmula:

Volumen del tanque: $\pi * r^2 * h$

Cantidad de sal en grano 20 a 30ppt

$$30\text{ppt} - 20\text{ppt} = 10\text{ppt} - 10 \text{ g/l (10kg/m}^3)$$

$$0,025\text{m}^3 \times 10\text{kg/m}^3 = 0,25\text{kg} = 250 \text{ g}$$

7.3.6 Toma de parámetros

La toma de parámetros estuvo enfocada en el comportamiento del amonio, pH, salinidad y temperatura. Esto se realizó diariamente tanto en los acuarios donde se encontraban las PLs, así como también en ocasiones en el agua de pozo que se utilizaba para el proceso de disminuir la salinidad y también en el agua de mar tratada con el fin de comprobar que no haya variaciones de estos parámetros y puedan afectarles algún estrés.

7.4 Pruebas de exposición de PLs frente a diferentes concentraciones de amonio

7.4.1 Ensayo #1 con 6 dosis de amonio en salinidad de 5 y 30 ppt con pH de 8,5

En primer lugar, se establecieron los 6 pesos de cloruro de amonio, como lo muestra la Tabla2 para obtener diferentes concentraciones de NH_4 analizadas en el Espectrofotómetro YSI 9300. Luego, se ubicó todas las unidades experimentales (frascos de 100ml), a las cuales se les agregó agua ya ajustada con salinidad de 5 y 30 ppt con pH

de 8,5 y a cada una de las réplicas se les adiciono las concentraciones de cloruro de amonio previamente pesadas.

Después, se agregó una PL en todas las unidades experimentales para su posterior análisis de comportamiento de toxicidad. Luego de la mortalidad, sus tallas se midieron con un escalímetro y se conservó en formol todas las PLs para realizar un peso promedio en una balanza analítica.

7.4.2 Ensayo #2 con 1 dosis de amonio en salinidad de 1 ppt con pH de 8,5

En primer lugar, se estableció un peso de cloruro de amonio, como lo muestra la Tabla 2. para obtener una concentración de NH_4 analizada en el Espectrofotómetro YSI 9300. Luego, se ubicó todas las unidades experimentales (frascos de 100ml), a las cuales se les agregó agua ya ajustada con salinidad de 1 ppt con pH de 8,5 y a cada una de las réplicas se les adiciono la concentración de cloruro de amonio previamente pesada.

Después, se agregó una PL en todas las unidades experimentales para su posterior análisis de comportamiento de toxicidad, se hizo seguimiento del consumo de oxígeno de las mismas cada dos horas con un oxigenometro. Por último, luego de la mortalidad la medición de tallas se realizó con un escalímetro y se conservó en formol todas las PLs para realizar un peso promedio en una balanza analítica.

CAPITULO IV

8. RESULTADOS

8.1 Toxicidad de amonio en 30 ppt de salinidad

En la tabla 3 se puede observar las columnas D1 a D6 que representan diferentes concentraciones de amonio en mg/L, mientras que las filas 4 a 128 representan diferentes períodos de tiempo de exposición en horas.

El porcentaje de mortalidad se observó en la tabla 3, el cual varía desde 0% hasta 100% de individuos muertos, para algunos valores de tiempo de exposición. Por ejemplo, a las 4 horas en concentración de 30 mg/L (D1), no se observa mortalidad, por lo tanto, esta concentración durante este período de tiempo no es letal para los camarones.

Tabla 3 Porcentaje de mortalidad (%) de Litopenaeus vannamei expuestos a 30 ppm de salinidad y concentraciones de amonio.

Tiempo de exposición (h)	D1 30 mg/L	D2 60 mg/L	D3 75 mg/L	D4 120 mg/L	D5 180 mg/L	D6 240 mg/L
4	0.0	0.0	16.66	0.0	49.98	49.98
8	16.66	33.32	33.32	100	100	100
16	0.0	100	100	100	100	100
32	43.32	100	100	100	100	100
64	0.0	100	100	100	100	100
128	100	100	100	100	100	100

Elaborado por los autores.

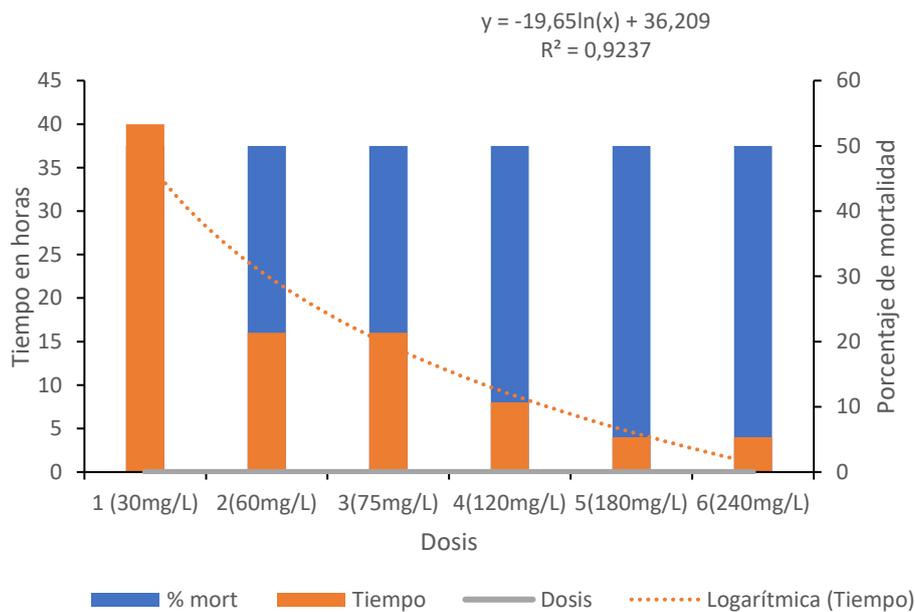
En la gráfica se puede observar que con una salinidad de 30ppt, el tiempo de mortalidad va en función a la concentración. A una concentración de 30 mg/L de amonio, se observó el 50 % de mortalidad se alcanzó a las 40 horas, en 60 mg/L y 75 mg/L se observó el 50%

de mortalidad sen un tiempo de 16 horas de exposición. A 120 mg/L de amonio el 50% de mortalidad ocurrió a las 8 horas de exposición. Finalmente, en 180 mg/L y 240 mg/L de amonio el 50% de mortalidad ocurrió en las primeras 4 horas de exposición.

Estos resultados se pueden observar en mejor claridad en la gráfica 6. El índice de regresión $R^2 = 0,9237$ indica que, a mayor concentración de amonio, la mortalidad se incrementa y los organismos son mas susceptibles con el tiempo de exposición.

Gráfica 1 Porcentaje de mortalidad de postlarvas en diferentes concentraciones de amonio.

El color naranja indica el tiempo en el lado izquierdo eje de las Y, el color azul la mortalidad en el lado derecho eje Y. La línea punteada indica la curva y el coeficiente de determinación con valores menores a 1.



8.1.1 Toxicidad de amonio en 5 ppt de salinidad

Las columnas D1 a D6 representan diferentes concentraciones de amonio en mg/L, mientras que las filas representan diferentes tiempos de exposición en horas. A bajas concentraciones de amonio (D1 y D2), el porcentaje de mortalidad es generalmente bajo

o nulo en las primeras horas de exposición. Esto sugiere que las concentraciones más bajas de amonio no tienen un impacto inmediato en la mortalidad de los camarones.

A medida que aumenta la concentración de amonio, especialmente a partir de D3 (75 mg/L) en adelante, el porcentaje de mortalidad aumenta significativamente con el tiempo de exposición. En las concentraciones más altas (D4 a D6), se observa un 100% de mortalidad en todas las horas de exposición después de las primeras 8 horas.

En todas las concentraciones de amonio, a las 48 horas de exposición, se alcanza un 100% de mortalidad en los camarones. Esto indica que, con el tiempo, incluso concentraciones moderadas de amonio pueden ser letales para *Litopenaeus vannamei*. A medida que pasa el tiempo de exposición, la mortalidad aumenta gradualmente en todas las concentraciones de amonio. Esto sugiere que el amonio tiene un efecto acumulativo y letal en los camarones a medida que aumenta la duración de la exposición.

Tabla 4 Porcentaje de mortalidad (%) de Litopenaeus vannamei expuestos a varios niveles de amonio durante 48 horas de exposición

Tiempo de exposición (h)	D1 30 mg/L	D2 60 mg/L	D3 75 mg/L	D4 120 mg/L	D5 180 mg/L	D6 240 mg/L
8	0.0	0.0	33.32	100	100	100
16	0.0	66.66	100	100	100	100
24	0.0	83.32	100	100	100	100
32	0.0	100	100	100	100	100
40	49.98	100	100	100	100	100
48	100	100	100	100	100	100

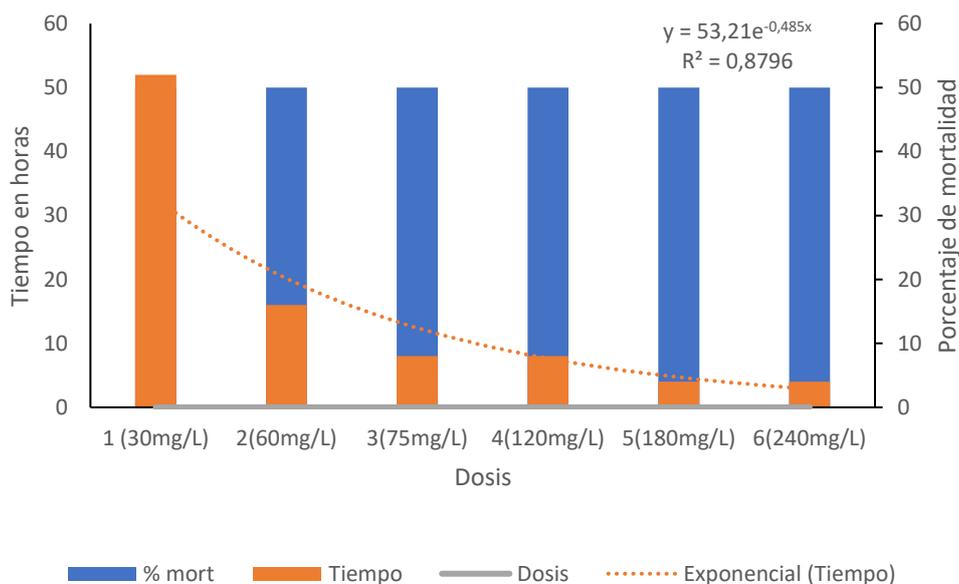
Elaborado por los autores.

En comparación con las dos salinidades (30ppt – 5ppt) da a denotar que hay mayor resistencia en la concentración D1(30ppm), mientras que en las 4 primeras horas de aplicación de las diferentes concentraciones hay mortalidad en las mayores concentraciones específicamente en D6(240ppm).

En el segundo gráfico con salinidad de 5ppt en la concentración D1 el 50% de mortalidad se observó transcurridas las 52 horas de exposición cabe destacar que en salinidad de 30 ppt existió el 50% de mortalidad en 40 horas en la misma dosis, para la concentración D2 se alcanzó el 50% a las 16 horas, en D3 y D4 se observó la mortalidad a las 8 horas mientras que para D5 y D6 el 50% de mortalidad se registró en la mitad del tiempo que fueron 4 horas.

Gráfica 2 Porcentaje de mortalidad de postlarvas en diferentes concentraciones de amonio.

El color naranja indica el tiempo en el lado izquierdo eje de las Y, el color azul la mortalidad en el lado derecho eje Y. La línea punteada indica la curva y el coeficiente de determinación con valores menores a 1

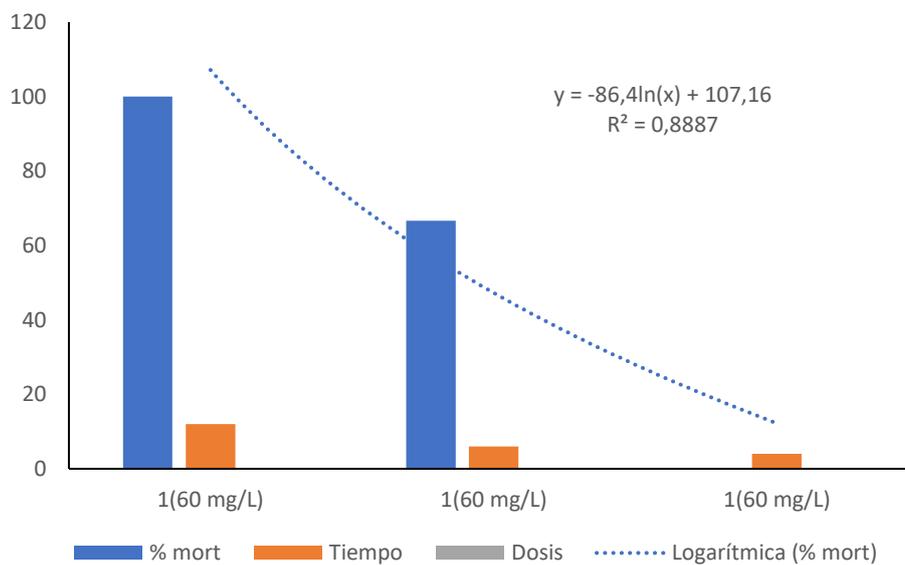


8.1.2 Toxicidad de amonio en 1 ppt de salinidad

Mientras que otro dato importante que se obtuvo es con una salinidad de 1ppt de la cual se realizó la prueba con una sola dosificación D1 (30ppt) de lo cual se obtuvo que a las 12 horas hubo las 2 últimas mortalidades para alcanzar el 100% de mortalidad.

Gráfica 3 Porcentaje de mortalidad en diferentes concentraciones de amonio.

El color naranja indica el tiempo de exposición, el color azul el porcentaje de mortalidad en el eje Y. La línea punteada indica la curva y el coeficiente de determinación con valores menores a 1.



Durante las primeras 4 horas de exposición, no se observa mortalidad en las postlarvas de camarón en esta concentración de salinidad. Esto sugiere que las postlarvas de camarón son inicialmente tolerantes a esta concentración de salinidad y amonio. Sin embargo, a partir de las 6 horas de exposición, se observa un aumento significativo en el porcentaje de mortalidad, alcanzando un 66.66% a las 6 horas. Esto indica que, con el tiempo, la concentración de salinidad comienza a tener un efecto negativo en las postlarvas de camarón.

A partir de las 12 horas de exposición, el porcentaje de mortalidad se eleva al 100%, lo que indica que todas las postlarvas de camarón expuestas a esta concentración de salinidad y amonio durante 12 horas o más han muerto.

Tabla 5 Porcentaje de mortalidad (%) de postlarvas de Litopenaeus vannamei durante 12 horas de exposición en 1ppt de salinidad

Tiempo de exposición (h)	D1 60 mg/L
4	0.0
6	66.66
12	100

Elaborado por los autores.

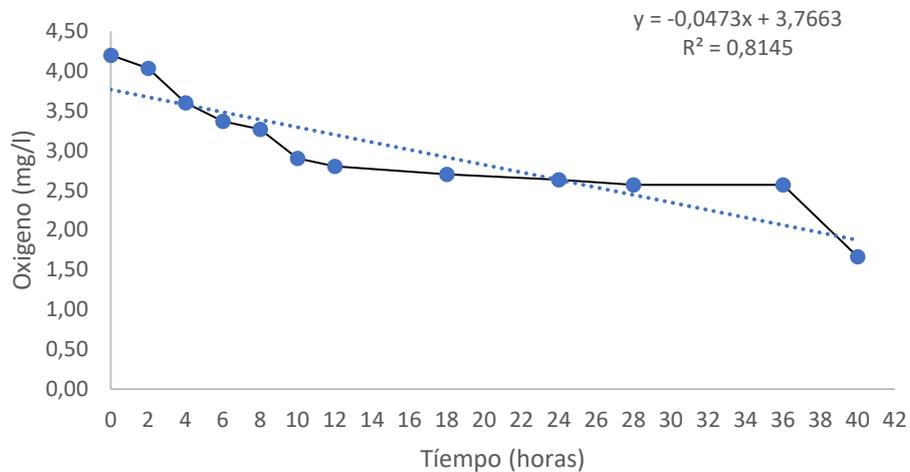
8.2 Consumo de oxígeno y temperatura a 30 ppm

En el gráfico 4, se observa el consumo de oxígeno ocasionado por los organismos en el proceso de experimentación, en este ensayo se registraron valores mínimos de 2,5 mg/L a las 40 horas y el valor máximo se registró al inicio del experimento a las 0 horas y fue de 4,3 mg/L en todas las réplicas. Mientras que en el control los valores registrados de oxígeno disuelto fueron 4,5 mg/L al inicio y 2,8 mg/L al final.

En cuanto a los valores de temperatura registrados van desde 25,7°C en las primeras horas de la experimentación presentándose como valores mínimos y valores de 31,8°C como valores máximos.

Dentro de los valores promedio de oxígeno obtenido en las 3 réplicas se registraron valores máximos que van desde 4,03 mg/L en las primeras horas de experimentación y valores mínimos de 1,67 mg/L al finalizar la experimentación representando un 60,24% de oxígeno consumido respecto al inicio del ensayo

Gráfica 4 Consumo de oxígeno en función al tiempo de exposición en postlarvas de *Litopenaus vannamei* a 30 ppm de salinidad.

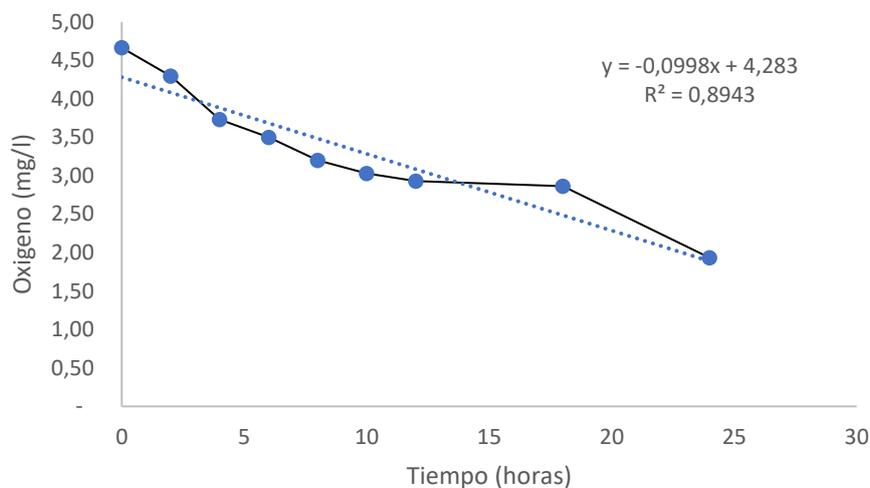


8.2.1 Consumo de oxígeno y temperatura 5 ppm

En la gráfica 5 se puede observar el consumo de oxígeno registrado cuando los organismos fueron expuestos a diferentes concentraciones de amonio y en salinidad de 5 ppt. Se obtuvieron valores mínimos de hasta 3 mg/l de O₂ transcurridas 24 horas de la experimentación. Cabe destacar que en la primera hora se inició con valores de 4,9 mg/l y en el tratamiento control los valores registrados fueron 5,3 mg/l al inicio y 3 mg/l al final. Es probable que en el control el tamaño de las postlarvas contribuyó al consumo de oxígeno, sin embargo, en presencia de amonio el consumo de oxígeno fue más incidente. Se obtuvo como valores mínimos de temperatura 25,5 °C en la hora 0 y valores máximos de hasta 32°C al finalizar el tiempo de exposición.

En cuanto a los valores promedio de oxígeno que se obtuvo en todas las réplicas se registró valores máximos 4,67 mg/l al inicio y 1,93 mg/l como valores mínimos transcurrido el ensayo.

Gráfica 5 Consumo de oxígeno de postlarvas de *Litopenaeus vannamei* en función al tiempo de exposición a 5 ppm de salinidad.



Dentro de cada nivel de salinidad, el promedio de tamaños de las postlarvas de camarón fue diferente en todos los tratamientos (concentraciones de amonio D1 a D6), lo cual puede haber incidido en la respuesta final de los ensayos. Sin embargo, esto no reduce el nivel de interpretación en el que se ha expuesto este trabajo.

No existió uniformidad de tamaños de PLs en la experimentación. Por ejemplo, en 1 ppt de salinidad, el promedio de tallas varía de 14,53 a 16,32, y en 5 ppt de salinidad, varía de 13,79 a 16,32.

Tabla 6 Promedio y desviación estándar de tamaño (mm) de postlarva de *Litopenaus vannamei* utilizado en el ensayo a distintas salinidades y concentraciones de amonio.

Dosis	1 ppt		5ppt		30ppt	
	Promedio	Ds	Promedio	Ds	Promedio	Ds
D1	14,53	1,59954994	16,002	1,816650764	14,2116667	1,82266197
D2			15,85	4,36469472	13,7933333	2,9950537
D3			14,89667	4,167429264	14,0116667	2,0459268 5
D4			14,07833	1,600105205	14,505	3,35734866
D5			16,31833	3,282861049	14,9283333	3,38661729

D6	13,87	2,341922287	14,4033333	2,01581414
-----------	-------	-------------	------------	------------

Elaborado por los autores.

La postlarvas expuestas a 1 ppt tiene un tamaño promedio de 14,53 en consecuencia 5ppt existió una variedad en tamaños en cada dosis teniendo un rango de 13,87 - 16,002. La DS indica que en cada dosis existió gran variedad en cuanto al tamaño como se observa en D2 y D3 $15,85 \pm 4,3$ y $14,89 \pm 4,16$ respectivamente.

Prueba de postlarvas 30 ppt

La tabla menciona que el p-valor obtenido en la prueba de ANOVA es menor a 0,05 (0,001) indicando que estadísticamente existes diferencias significativas entre los tratamientos.

Tabla 7 Anova de tamaños de postlarvas entre grupos y dentro de los grupos a 30 ppt de salinidad.

ANOVA					
Tamaño	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Si g.
Entre grupos	141,972	5	28,394	10,754	<,001
Dentro de grupos	79,210	30	2,640		
Total	221,182	35			

La suma de cuadrados entre grupos (SCG): 141,972 representó la variabilidad debida a las diferencias entre los grupos. Es decir, midió cuánto varían las tallas entre los diferentes grupos que se comparó. La media cuadrática entre grupos (MCMG): 28,394. Es la SCG dividida por los grados de libertad entre grupos. Representa la variabilidad promedio entre los grupos. El valor p: <0,001 fue muy pequeño, lo que indica que las diferencias entre los grupos son estadísticamente significativas. En conclusión, se deja en evidencia la

diferencia significativa en la que al menos un grupo es diferente en cuanto a los tamaños de las postlarvas.

Media y desviación estándar tallas de postlarvas 30 ppt

En este caso, cada grupo tuvo 6 observaciones, en el grupo D1, la media es de aproximadamente 14,63. En el grupo D3, la desviación estándar es de aproximadamente 2,85 y en el grupo D1, el error estándar es de aproximadamente 0,50. En cuanto al intervalo de confianza en el grupo D1, va desde aproximadamente 13,35 hasta 16,74. Es el valor mínimo representa el tamaño más pequeño registrado en el grupo D4, el valor mínimo es de 10,63 mientras en el grupo D3, el valor máximo es de 21,06.

Tabla 8 Media y desviación estándar de tamaños para las dosis utilizadas en postlarvas a 30 ppt de salinidad.

Descriptivos

Tamaño	N	M edia	Desv. estándar	Error estándar	95% de intervalo de confianza para la media		M ínimo	M áximo
					Límite inferior	Límite superior		
D1	6	14,6267	1,21722	,49693	13,3493	15,9041	13,38	16,74
D2	6	15,0833	1,89051	,77180	13,0994	17,0673	12,91	18,24
D3	6	18,1050	2,84632	1,16200	15,1180	21,0920	13,11	21,06
D4	6	12,0800	,95973	,39181	11,0728	13,0872	10,63	13,46
D5	6	13,1317	1,06511	,43483	12,0139	14,2494	12,37	15,24
D6	6	12,8267	,79326	,32385	11,9942	13,6591	11,85	14,24
Tot al	36	14,3089	2,51386	,41898	13,4583	15,1595	10,63	21,06

Prueba post hoc tamaño de postlarvas a 30 ppt

La prueba post hoc de Tukey nos permite identificar que entre las dosis (D4, D6, D5, D1) no presentan diferencias significativas entre ellos y los tratamientos (D6, D5, D1 Y D2). No hay diferencias significativas entre ellos, sin embargo; la dosis D3 difiere estadísticamente del resto de dosis. De igual manera se observa que la media de tamaño es más baja en el D2 y la media de talla es más alta en la D3.

Tabla 9 Prueba post hoc de tamaños de postlarvas a 30 ppt de salinidad.

Tamaño

HSD Tukey^a

Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D4	6	12,0800		
D6	6	12,8267	12,8267	
D5	6	13,1317	13,1317	
D1	6	14,6267	14,6267	
D2	6		15,0833	
D3	6			18,1050
Sig.		,102	,187	1,000

Pruebas de normalidad ensayo en postlarvas a 5 ppt

En ambas pruebas de normalidad, no hay evidencia suficiente para concluir que los datos de tallas de postlarvas de camarón en ninguno de los grupos (D1, D2, D3, D4, D5, D6) no siguen una distribución normal.

Tabla 10 Pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov para tallas de postlarvas a 5 ppt de salinidad

Pruebas de normalidad

Dosis	Kolmogorov-Smirnov ^a		Shapiro-Wilk	
	estadístico	Sig.	Estadístico	Sig.
	co	gl	gl	.

Ensayo 5ppt (talla mm)	D1	192	6	,200*	,929	6	,57 4
	D2	263	6	,200*	,867	6	,21 3
	D3	149	6	,200*	,988	6	,98 3
	D4	162	6	,200*	,960	6	,81 7
	D5	227	6	,200*	,880	6	,26 8
	D6	168	6	,200*	,986	6	,97 9

Homogeneidad de varianzas en tamaño de postlarvas a 5 ppt

Según los resultados de la prueba de Levene en todas las formas de cálculo utilizadas no hay evidencia suficiente para afirmar que las varianzas entre los grupos son diferentes. Por lo tanto, se puede asumir que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas para realizar un ANOVA en este contexto.

Tabla 11 Prueba de homogeneidad de varianzas de tamaño de postlarvas a 5 ppt de salinidad.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Ensayo 5ppt (talla mm)	Se basa en la media	1,159	5	30	,352
	Se basa en la mediana	,921	5	30	,481
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,921	5	23,0 88	,485
	Se basa en la media recortada	1,149	5	30	,357

Anova en tallas de postlarvas a 5 ppt

El valor p obtenido en la prueba de ANOVA de un solo factor revela que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados. Esto significa que

al menos uno de los grupos es diferente de los demás en relación con la variable que estamos evaluando. En otras palabras, la prueba ANOVA ha proporcionado evidencia sólida de que las diferencias observadas entre los grupos no se deben al azar, sino que son el resultado de efectos genuinos y significativos.

Tabla 12 Anova de tallas entre los grupos y dentro de los grupos en postlarvas a 5 ppt de salinidad

ANOVA

Ensayo 5ppt (talla mm)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	189,09 1	5	37,818	8, 583	,00 0
Dentro de grupos	132,18 4	3 0	4,406		
Total	321,27 5	3 5			

Prueba post hoc tamaños de postlarvas a 5 ppt

El análisis de la prueba post hoc de Tukey no reveló diferencias significativas entre el tamaño de PLs expuestas a las dosis D6, D4, D5 y D1. De manera similar, al comparar los tratamientos D4, D5, D1 y D3, tampoco se encontraron diferencias significativas. Además, al comparar las medias de D3 y D2, tampoco se encontraron diferencias significativas.

Es importante destacar que la dosis D6 mostró la media más baja en lo que respecta a la talla, mientras que la dosis D2 presentó la media de talla más alta. Esto sugiere que, en términos de efecto en concentración de amonio sobre la talla, la dosis D6 pueden ser las más afectadas por el tamaño de las postlarvas y la concentración de amonio alta mientras que la dosis D2 presento una media de tallas superior a las demás dosis presumiendo que

podría haber influenciado en los resultados debido a que la concentración de amonio no es tan alta como en D6.

Tabla 13 Prueba Post Hoc en tamaños de postlarvas a 5 ppt de salinidad

Ensayo 5ppt (talla mm)

HSD Tukey^a

Dosis	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
D6	6	11,7400		
D4	6	13,8933	13,8933	
D5	6	14,3150	14,3150	
D1	6	15,3133	15,3133	
D3	6		16,5100	16,5100
D2	6			19,1167
Sig.		,062	,286	,290

DISCUSIÓN

En el desarrollo del presente trabajo, en una salinidad de 30 ppt y concentraciones de entre 30 a 50 mg/l de amonio se presentaron mortalidades a partir de las 8 horas de exposición, llegando al 100% de mortalidad a las 128 horas en el caso de 30 mg/l, y a las 16 horas en el caso de 60 mg/L. Esto quiere decir que a mayor concentración de amonio se tendrán mayores índices de mortalidades en las post larvas ya que estas no podrán adaptarse a este medio cambiante y tóxico.

De acuerdo a un experimento realizado por (Dutra et al., 2016) se tuvieron temperaturas oscilantes entre los 24,9 °C a 27,2 °C, concentraciones de oxígeno de 5,2 a 7,6 mg/l. Las mortalidades se observaron a lo largo del ensayo. Las post larvas mostraron un 100% de mortalidad en concentraciones de 40 mg/l al cabo de 48 horas, mientras que en concentraciones de 20 mg/l de amoniaco se tuvieron mortalidades medias de 40% a las 96 horas. En el caso de las concentraciones de 5 y 10 mg/l de amoniaco en las diferentes etapas de vida de las post larvas fue menor al 10%.

En el caso de los tratamientos del presente estudio con dosis de 60 mg/l y 75 mg/l a la misma salinidad, se alcanzaron mortalidades en las primeras 16 horas, mientras que en las dosis de 180 mg/l y 240 mg/l se alcanzaron mortalidades en las primeras 8 horas.

En un estudio realizado por (Lin & Chen, 2001) indica que no existieron mortalidades cuando se expusieron a los camarones a concentraciones de 20 mg/l y 15 mg /l de cloruro de amonio en un tiempo de exposición de 96 horas en diferentes salinidades. Por otra parte, en el presente trabajo, a una salinidad de 30 ppt podemos observar un 50% de mortalidades en las primeras 40 horas donde los camarones fueron sometidos a una concentración de 30 mg/l.

Se produjo un escenario similar en un estudio realizado por (Magallon et al., 2006) donde se menciona que las mortalidades se presentaron en diferentes porcentajes a lo largo del experimento, pero siempre inferior al 1% cuando se tenían condiciones de pH 8 y temperaturas de 26,1 °C. Lo cual demuestra que a temperaturas inferiores a los 26,1 °C y en concentraciones de hasta 18 mg/l de amonio no se presentan riesgos de mortalidad en periodos cortos de exposición (4 h). Esto se contrasta con el presente trabajo donde se muestra que no existen mortalidades de post larvas en las primeras cuatro horas de exposición a razón de 30 mg/l de cloruro de amonio. Algo similar ocurrió cuando se tuvo una salinidad de 5 ppt y 30 mg/l de cloruro de amonio donde se comenzaron a presentar mortalidades del 50% al cabo de 40 horas de exposición.

Referente a la salinidad y la temperatura se puede mencionar que existe concentraciones de oxígeno menores cuando se tienen salinidades de 5 ppt y temperaturas de 25,5 °C lo que es un indicativo de mortalidades en las post larvas, esto derivado de un estudio realizado por (Arzola, 2013) en el cual demostró que cuando se tienen salinidades de 5 ppt y temperaturas entre 15, 30 y 35 °C se tienen índices de supervivencia menores, mayor aun cuando se alcanzan los 30°C.

En el presente trabajo puesto que, antes del inicio de los experimentos se tenían concentraciones de oxígeno de 4,3 mg/l los cuales fueron disminuyendo a medida que se aumentaba las concentraciones de cloruro de amonio llegando a concentraciones de 1,67 mg/l teniendo un 60,24% de consumo a lo largo del experimento e influyendo en la adaptabilidad y supervivencia de las post larvas por exposición a cloruro de amonio.

Este estudio concuerda con (Babieri, 2010) quien menciona que el consumo de oxígeno aumentó a la par con las concentraciones de amoniaco en las diferentes salinidades que se analizaron, sin embargo, a menor salinidad se presentó un aumento de consumo de oxígeno. Se midió el consumo de oxígeno en los camarones aclimatados a 20 °C,

sometidos a 5, 20 y 35 ppt de salinidad dando como resultados concentraciones de 3,78; 6,97 y 5,37 kilogramos de oxígeno por minutos. Sin embargo, los camarones que se expusieron a concentraciones de 40 mg/l de amonio tuvieron consumos de 8,97; 6,97 y 5,37 kilogramos de oxígeno por minuto siendo mucho mayor y teniendo un aumento de nivel metabólico del 137,3; 99,2 y 81,4 %.

En el presente estudio el pH fue siempre entre 8.25 a 8.50 y la temperatura fluctuó entre 25 a 31 °C, la cual no pudo ser controlada por las condiciones experimentales pudiendo estos parámetros también haber incidido en las mortalidades.

Actualmente el cultivo de camarón en agua de baja salinidad de hasta 1 ppt, se ha propagado en el Ecuador. De acuerdo al presente estudio a menos salinidad, la toxicidad del amonio se incrementa. A 60 mg/l de amonio el 100% de postlarvas mueren en un tiempo de exposición de 12 horas con una temperatura de 25°C. Es probable que una concentración de 5 mg/l de amonio sea altamente toxica para postlarvas de *Litopenaeus vannamei*. Se recomienda futuros trabajos a niveles mas bajos y cortos tiempos de exposición para evaluar la toxicidad.

Conclusiones

- Se logró determinar la concentración letal de amonio en postlarvas de *Litopenaeus vannamei* en dos condiciones diferentes de salinidad, alta (30ppt) y baja (1ppt). Este hallazgo es fundamental permite comprender que la salinidad influye en la toxicidad del amonio en postlarvas de *Litopenaeus vannamei* a menor salinidad mayor toxicidad.
- Se establecieron las concentraciones máximas de amonio que las postlarvas de *Litopenaeus vannamei* son capaces de tolerar en ambientes de alta y baja salinidad. Estos valores son fundamentales para la gestión de sistemas de cultivo y la protección de la salud de los camarones en función de las condiciones ambientales específicas.
- En 1 ppm de salinidad la más alta mortalidad (100%) fue a una concentración de 60 mg/L con 12 horas de exposición. A 5 ppm de salinidad la más alta mortalidad (100%) fue a una concentración de 120 a 240 mg/L con un tiempo menor a 8 horas de exposición. Mientras que a 30 ppm de salinidad la más alta mortalidad (100%) fue a una concentración de 240 mg/L con un tiempo menor a 8 horas de exposición.

Recomendaciones

- Se recomienda una gestión cuidadosa de la alimentación de las postlarvas para evitar el exceso de amonio en el agua.
- Es recomendable considerar la uniformidad en tallas sobre las postlarvas para evitar interferencias al momento de la experimentación.
- Se anima a realizar investigaciones adicionales para comprender mejor los mecanismos subyacentes que conectan el amonio, la mortalidad y el consumo de oxígeno en las postlarvas de camarón.
- Se sugiere la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real para medir los niveles de amonio en el agua de manera constante.
- Es esencial capacitar al personal de cultivo en la importancia del control de amonio y en las prácticas adecuadas sobre la calidad del agua.
- La implementación de las recomendaciones mencionadas puede ayudar a los acuicultores a reducir la mortalidad y mejorar la salud de sus cultivos, lo que a su vez contribuirá a la sostenibilidad de la industria.

BIBLIOGRAFÍA

- Allan, G., Maguire, G., & Hopkins, S. (1990). Acute and chronic toxicity of ammonia to juvenile *Metapenaeus macleayi* and *Penaeus monodon* and the influence of low dissolved-oxygen levels. *Aquaculture*, 263-280.
- Alonso, L., & Hernández, A. (2011). Crecimiento del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* cultivado en dos densidades de siembra en estanques de concreto con aeración. *Universidad de Nicaragua*, 76. Retrieved from <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/4308/1/228568.pdf>
- Alvarado, L., Zamorano, A., Rojo, J., Gonzáles, M., Pérez, M., Cárdenas, J., & Navarro, G. (2018). Evaluación del ensilado fermentado de subproductos de tilapia y su utilización como ingrediente en dietas para bagre de canal. *Biotecnia*, 20(2), 85-94. doi:<https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i2.604>
- Álvarez, D. (2021, Julio 15). *Concepto.de*. Retrieved Febrero 16, 2023, from <https://concepto.de/ciclo-del-nitrogeno/>
- Babieri, E. (2010). *Toxicidad agua del amoniacó en camaron blanco (Litopenaeus schmitti) (Burkenroad, 1936, Crustacea) a diferentes niveles de salinidad* (Vol. 306). *Aquacultura*. doi:10.1016/j.acuicultura.2010.06.009
- Bermudes, J., Nieves, M., Medina, M., Román, J., 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), 611-615. doi:10.4067/S0718-19572017000300016
- Bermudez, F., Nieves, M., Medina, A., 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), 611-615. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47954027016>
- Boyd, C. (2018). Aquaculture pond fertilization. *Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources* , 13(2), 12. doi:<https://doi.org/10.1079/PAVSNNR201813002>
- Boyd, C. (2019). *Water Quality*. Springer Nature.

- Boyd, C. (2020). Descomposición de materia orgánica en sistemas acuícolas. *Global Seafood Advocate*. Retrieved from <https://www.globalseafood.org/advocate/descomposicion-de-materia-organica-en-sistemas-acuicolas/>
- Campbell, J. (1973). Nitrogen excretion. In: Prosser, C.L. (Ed.). *Comparative Animal Physiology. Third edition.*, 279-315.
- Carchipulla, V. (2018). Importancia del oxígeno disuelto para mejorar la calidad de agua en estanques de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Universidad Técnica de Machala*, 30. Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12905/1/DE00006_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
- Carranza, É. (2020). Evaluación de la tasa de consumo de oxígeno del *Penaeus vannamei* con relación a la salinidad, temperatura y peso corporal. *Revista Ciencia y Tecnología*(25), 55-65. doi:<https://doi.org/10.5377/rct.v13i25.10412>
- Chen, J., & Chen, S. (1996). Changes of osmotic and electrolyte concentrations in the haemolymph of *Penaeus japonicus* exposed to ambient ammonia. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 35-38.
- Chen, J., & Chin, T. (1989). Effect of ammonia at different pH levels on *Penaeus monodon* postlarvae. *Asian Fisheries Science*, 233-238.
- Chen, J., Cheng, S., & Chen, C. (1994). Changes of haemocyanin, protein and free amino acid levels in the hemolymph of *Penaeus japonicus* exposed to ambient ammonia. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 339-347.
- Ching, C. (2021). Uso de Cal y Melaza en el cultivo del camarón. *BioFeeder*. Retrieved from <https://www.biofeeder.ec/uso-de-cal-y-melaza-en-el-cultivo-del-camaron/>
- Cobo, R., & Pérez, L. (2018). Aspectos generales del cultivo y la genética del camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, 35(1), 18-23. Retrieved from <https://aquadocs.org/handle/1834/15129>

- Colt, J., & Armstrong, D. (1981). Nitrogen toxicity to crustaceans, fish and molluscs. Proceedings of the Bio-Engineering Symposium for Fish Culture. *Fish Culture Section of the American Fisheries Society*, 34-47.
- Corral, D. (2019). Efectos de la inclusión dietaria de *Ulva clathrata* sobre el desempeño reproductivo y la calidad del desove en camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Universidad Autónoma de Nuevo León*, 172. Retrieved from <http://eprints.uanl.mx/19665/>
- Curbelo, R., Leal, S., Núñez, N., & Gonzáles, O. (2016). Sustitución del alimento artificial en el esquema alimentario de postlarvas tempranas del camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(11), 1-9. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63649051011>
- Delegido, J., Urrego, P., Vicente, E., Sória, X., Soria, J., Pereira, M., . . . Moreno, J. (2019). Turbidity and Secchi disc depth with Sentinel-2 in different trophic status reservoirs at the Comunidad Valenciana. *Universidad Politécnica de Valencia*(54), 15-24. doi:<https://doi.org/10.4995/raet.2019.12603>
- Dréo, J. (2013). Nitrogen cycle. *Openstax*. Retrieved from <https://openstax.org/details/books/concepts-biology?Book%20details>
- Emerson, D. (1969). Influence of salinity on ammonia excretion rates and tissue constituents of euryhaline invertebrates. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 1115-1133.
- Emerson, K., Russo, R., Lund, R., & Thuston, R. (1975). Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(12), 2379-2383. doi:<https://doi.org/10.1139/f75-274>
- FAO. (2016). Ecología y ciclos vitales del camarón. Retrieved from <https://www.fao.org/3/ad015s/AD015S02.htm>
- Fernández, N., & Solano, F. (2005). Indices de calidad y de contaminación de agua. *Universidad de Pamplona*.
- Franco, A. (2000). Manejo técnico de granjas camaroneras. *Pradepesca manual*, 9-17.
- Frías, M., & Páez, F. (2001). Toxicidad de los compuestos del Nitógeno en camarones. *Camaronicultura y medio ambiente*, 224-242. Retrieved from

https://www.researchgate.net/publication/250309870_Toxicidad_de_los_compuestos_del_nitrogeno_en_camarones#:~:text=...-
,El%20nitr%C3%B3geno%20amoniaco%20y%20nitrito%20son%20t%C3%B3xicos%20para%20las%20diferentes,sugeridos%20para%20juveniles%20de%20L.

Gallego, I., & Pulido, D. (2017). Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena. *Tecnología y Ciencias del agua*, 8(1), 81-93. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/3535/353549831006.pdf>

García, S., Juárez, A., Olivier, B., Rivas, M., & Zeferino, J. (2018). Variables físicoquímicas ambientales que indican en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2), 135-155. Retrieved from https://rmae.voaxaca.tecnm.mx/wp-content/uploads/2020/11/7-2018_RMAE-20-camaron-to-edit.pdf

García, T., & Carrillo, O. (2015). Nutrición del camarón blanco, *Litopenaeus schmitti* Burkenroad: 25 años de investigación científica. *Revista de Investigaciones Marinas*, 35(2), 24-40. Retrieved from <https://aquadocs.org/bitstream/handle/1834/9076/2015-24-40.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Garnica, F. (2016). Rediseño del sistema térmico para la producción de nauplios de camarón. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 76. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/97065/D-CD88353.pdf>

Gattorno, J., & Pocasangre, A. (2019). Comportamiento de la estratificación térmica en una laguna de estabilización facultativa. *Agua, saneamiento y ambiente*, 14(1), 114-129. Retrieved from <https://revistas.usac.edu.gt/index.php/asa/article/view/1208/804>

Gil Meseguer, E., Bernabé, M., & Gómez, J. (2018). Recycled Sewage - A Water Resource for Dry Regions of Southeastern Spain. *Water Resources Management*, 33, 725-737. doi:<https://doi.org/10.1007/s11269-018-2136-9>

Hanna. (2020). Retrieved from <https://www.hannacolombia.com/aqua/blog/item/calidad-de-agua-en-el-cultivo-de-camarones-camaronicultura>

- Hong, A., Hargan, K., Williams, B., Nuangsaeng, B., Siriwong, S., Tassawad, P., . . . Los Huertos, M. (2020). Examining molluscs as bioindicators of shrimp aquaculture effluent contamination in a southeast Asian mangrove. *Ecological Indicators*, 115. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106365>
- Kathyayani, S., Poornima, M., Sukumaran, S., Nagavel, A., & Muralidhar, M. (2019). Effect of ammonia stress on immune variables of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* under varying levels of pH and susceptibility to white spot syndrome virus. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 184. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109626>
- Krishnamoorhy, R., & Srihari, K. (1973). Changes in excretory patterns of the freshwater field crab *Paratelphusa hydrodromus* upon adaptation to higher salinities. *Marine Biology*, 341-348.
- Lin, Y., & Chen, J. (2001). Taiwán: *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.
- López, M., Jurado, G., Páez, I., & Madroñero, S. (2017). Estructura térmica del lago Guamués, un lado tropical de alta montaña. *Luna Azul*(44), 94-119. doi:10.17151/luaz.2017.44.7
- Marcillo, M. (2014). Metodología de cultivo comercial de camarón en Ecuador: Especies: *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* P. *stylirostris*. Retrieved from <https://slideplayer.es/slide/1641546/>
- Mayer, E. (sf). Monitoreo de la calidad de agua del estanque para mejorar la producción de camarones y peces. *Biomín*. Retrieved from <https://aquafeed.co/entrada/monitoreo-de-la-calidad-de-agua-del-estanque-para-mejorar-la-produccion-de-camarones-y-peces-20528/>
- Millard, R., Ellis, R., Bateman, K., Bickey, L., Tyler, C., Aerle, R., & Santos, E. (2021). How do abiotic environmental conditions influence shrimp susceptibility to disease? A critical analysis focussed on White Spot Disease. *Journal of Invertebrate Pathology*, 186. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107369>
- Morales, V. (1990). Levantamiento larvario de camarones peneidos.

- Nieves, M., Almaraz, M., López, D., & Peraza, M. (2021). Effect of light and feed density on ingestion rate, protein and lipid content of *Artemia franciscana* juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 49(5), 717-724. doi:<https://doi.org/10.3856/vol49-issue5-fulltext-2695>
- Ordoñez, R. (2017). Diseño de un protocolo de control de parámetros físico y químicos del agua usada para el transporte de post larvas de camarón blanco *Penaeus vannamei*. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*, 42. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/7eb01c63-fc86-4666-97f1-d05c36395f83/D-CD108682.pdf>
- Paredes, J., & Rodríguez, J. (2020). Universidad de El Salvador. *Monitoreo de los parámetro de temperatura y pH para evaluar su efecto en la producción de camarón blanco (Litopenaeus vannamei Boone, 193) en San Luis La Herradura, La Paz*, 140. Retrieved from <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22090/1/TRABAJO%20DE%20TESIS%20-%20RAM%20C3%93N%20Y%20SAMUEL-%20AGRONOMIA.pdf>
- Patricio, U. (2017). Evaluación de 2 probióticos comerciales como controladores de patógenos en tanques de larvas de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, 79. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7712/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-117.pdf>
- Peixoto, S., Soares, R., & Davis, A. (2020). An acoustic based approach to evaluate the effect of different diet lengths on feeding behavior of *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 91. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102114>
- Quichimbo, J. (2022). Importancia nutricional en postlarvas de camarón *Litopenaeus vannamei* en nivel de laboratorio con balanceado al 40% de proteína. *Universidad Técnica de Machala*, 23. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18555/1/ECUACA-2022-IAC-DE00007.pdf>
- Ramos, L., Gonzáles, M., Morera, Y., & Rodríguez, T. (2019). Maduración y reproducción en cautiverio del camarón blanco *Litopenaeus schmitti* Burkenroad

- en Cuba. *Revista de Investigaciones Marinas*, 39(1), 20. Retrieved from <https://zenodo.org/record/3458420#.Y9HqbXbMLIU>
- Reis, J., Novriadi, R., Swanepoel, A., Jingping, G., Rhodes, M., & Allen, D. (2020). Optimizing feed automation: improving timer-feeders and on demand systems in semi-intensive pond culture of shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 519, 734-759. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734759>
- Rivera, P. (2017). Inflyencia de la concentración de Amonio y su relación con las comnidades bacterianas en piscinas camaroneras. *Repositorio Utmach*, 31. Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11357/1/DE00019_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf
- Rondón, D. (2020). Relación entre lo ambiental y lo fisicoquímico. El caso del oxígeno disuelto. *Universidad Pedagógica Nacional*, 108. Retrieved from <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12602/RELACI%C3%93N%20ENTRE%20LO%20AMBIENTAL%20Y%20LO%20FISICOQU%C3%8DMICO.%20EL%20CASO%20DEL%20OX%C3%8DGENO%20DISUELTO.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Saud, J. (2022). Calidad de agua en el cultivo simbiótico de larvas de camarón. *Pontificia Universidad Católica del Ecuador*, 81. Retrieved from <https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/3128/1/Saud%20Viteri%20Jean%20Carlo.pdf>
- Smart, G. (1978). Investigations of the toxic mechanisms of ammonia to fish—gas exchange in rainbow trout (*Salmo gairdnerii*) exposed to acutely lethal concentrations. *Journal of Fish Biology*, 93-104.
- Sprague, J. (1969). Measurement of pollutant toxicity to fish. I. Bioassay methods for acute toxicity. *Water Research*, 793-821.
- Thruston, R., Russo, R., & Vinogradov, G. (1981). Ammonia toxicity to fishes. Effect of pH on the toxicity of the un-ionized ammonia species. *Environmental Science Techonologies*, 15(7), 837-840. doi:<https://doi.org/10.1021/es00089a012>
- Toro, W. (2022). Influencia del pH sobre los parámetros abióticos en estanques de cultivo de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. *Universidad Técnica de*

- Machala*, 31. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/18558/1/ECUACA-2022-IAC-DE00010.pdf>
- Vaca, G. (2016). Determination of efficiency of two biological filters evaluated in a culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in recirculating aquaculture systems. *Red de Repositorios Latinoamericanos*, 78. Retrieved from <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2260051>
- Valarezo, G. (2016). Incidencia de las dietas alimenticias en el Crecimiento de Larvas de Camarón (*Penaeus vannamei*). *Universidad de Guayaquil*, 53. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11953/1/Defensa%20Examen%20Complejivo%20Galo%20Valarezo.pdf>
- Varela, A. (2018). Patologías del hepatopáncreas en camarones marinos cultivados en América y su diagnóstico diferencial mediante histopatología. *AquaTIC*, 50, 13-20. Retrieved from <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49460101003>
- Vera, A. (2017). Factores físicos y químicos que intervienen sobre el crecimiento bacteriano en el cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*. *Universidad Técnica de Machala*, 26. Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/10519/1/DE00009_EXAMENCOMPLEJIVO.pdf
- Villacrés, G. (2016). Incidencia de las dietas alimenticias en el Crecimiento de Larvas de Camarón (*Penaeus vannamei*). *Universidad de Guayaquil*, 53. Retrieved from <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11953/1/Defensa%20Examen%20Complejivo%20Galo%20Valarezo.pdf>
- Vinatea, L. (2020, Julio 5). *Calidad de agua en acuicultura*. Retrieved Febrero 16, 2023, from <https://www.luisvinatea.com/post/materia-org%C3%A1nica-organic-matter>
- Vinatea, L. (2020, Julio 29). *Luis Vinatea*. Retrieved Enero 25, 2023, from <https://www.luisvinatea.com/post/el-amonio---amonia>
- Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J., & Khanal, S. (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, 76, 9-19. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.01.004>

Zambrano, L., Párraga, A., Parrales, V., Arteaga, F., Demera, F., & Turbay, C. (2021). Evaluación proteica de la harina de amaranto (*Amaranthus Dubius*) en el crecimiento del camarón *Penaeus Vannamei* en etapa de postlarva. *Revista de las Agrociencias*, 25, 1-12.
doi:<https://doi.org/10.33936/lat%C3%A9cnica.v0i25.3165>

ANEXOS



Ilustración 1: Pesaje del cloruro de amonio.



Ilustración 2: Observación de las postlarvas.



Ilustración 3: Medición de salinidad.



Ilustración 4: Medición de amonio



Ilustración 5: Postlarvas dentro del acuario.



Ilustración 6: Mantenimiento de las postlarvas: calidad de agua y alimentación.



Ilustración 7: Medición de pH en unidades experimentales.



Ilustración 8: Control de consumo de oxígeno y medición de postlarvas utilizadas para el estudio.