



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Efecto de diferentes dosis de productos aplicados en campo como enmiendas para mitigar la depleción de oxígeno disuelto en el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*).

**CAMPOVERDE TANDAZO BRYAN ALEXANDER
INGENIERO ACUICOLA**

**AÑAZCO BRAVO BRYAN STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

Efecto de diferentes dosis de productos aplicados en campo como enmiendas para mitigar la depleción de oxígeno disuelto en el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*).

**CAMPOVERDE TANDAZO BRYAN ALEXANDER
INGENIERO ACUICOLA**

**AÑAZCO BRAVO BRYAN STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Efecto de diferentes dosis de productos aplicados en campo como enmiendas para mitigar la depleción de oxígeno disuelto en el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*).

**CAMPOVERDE TANDAZO BRYAN ALEXANDER
INGENIERO ACUICOLA**

**AÑAZCO BRAVO BRYAN STEEVEN
INGENIERO ACUICOLA**

SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN

**MACHALA
2025**



borrador Añazco Campoverde

4%
Textos sospechosos



< 1% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
4% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: borrador Añazco Campoverde.docx
ID del documento: ee1409f650fed759c2e22a7ef377414c27026f59
Tamaño del documento original: 1,11 MB

Depositante: SANTACRUZ REYES ROBERTO ADRIAN
Fecha de depósito: 17/7/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 17/7/2025

Número de palabras: 10.357
Número de caracteres: 67.704

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes con similitudes fortuitas

| Nº | Descripciones | Similitudes | Ubicaciones | Datos adicionales |
|----|---|-------------|-------------|--|
| 1 | 132.248.9.195 Operacion y mantenimiento de sistemas de tratamiento a base d... http://132.248.9.195/pd2001/288310/Index.html | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (10 palabras) |
| 2 | Documento de otro usuario #641232 ♥ Viene de de otro grupo | < 1% | | Palabras idénticas: < 1% (11 palabras) |

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

Los que suscriben, CAMPOVERDE TANDAZO BRYAN ALEXANDER y AÑAZCO BRAVO BRYAN STEEVEN, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado Efecto de diferentes dosis de productos aplicados en campo como enmiendas para mitigar la depleción de oxígeno disuelto en el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus Vannamei*), otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

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



CAMPOVERDE TANDAZO BRYAN ALEXANDER

0706942877



AÑAZCO BRAVO BRYAN STEEVEN

0750437055

DEDICATORIA

A la memoria de mi padre **Wilmer Añezco Lalangui**.

Por ser una luz en mi camino, aún en tu ausencia. Tu amor, tus consejos y tu ejemplo de vida siguen guiando cada paso que doy.

Siempre serás el hombre más inteligente y capaz que he conocido en mi vida, esto es un tributo a tu memoria, un pequeño reflejo del esfuerzo, temple que me enseñaste a tener y de los sueños que sembraste en mí.

Agradezco por siempre mostrarme tu apoyo incondicional, tus palabras de aliento eternamente resonarán en mi corazón. Te extraño profundamente.

Siempre estarás presente en mi corazón y tu espíritu y amor me acompañara en cada desafío y logro. Con amor eterno, esta meta también es tuya.

Bryan Steeven Añezco Bravo

Este trabajo está dedicado a mis padres, hermanos, tíos, abuelos y a toda mi familia en general. A aquellas personas que siempre estuvieron conmigo y me extendieron su mano cuando más lo necesité.

Especialmente a mi padre, **Richard Campoverde Sarmiento**, a quien admiro profundamente, y a mi madre, **Gina Tandazo Balcázar**, por ayudarme a salir adelante y por creer en mis sueños desde que era un niño.

Este logro es para ustedes, con todo mi amor y mi más sincera gratitud.

Bryan Alexander Campoverde Tandazo

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme permitido continuar, brindándome la vida, la sabiduría, la salud y la fortaleza necesarias para cumplir mis objetivos. A mi amada y valiente madre Rebeca Bravo. Este trabajo representa el fruto de tu amor incondicional, tu apoyo constante y los sacrificios que hiciste a lo largo de mi vida. Tu amor incondicional, tus palabras motivadoras y el ejemplo dado día a día fueron mi mayor inspiración.

A mi querida familia, mis hermanos: Alvaro, Jandry, Mireya y Genesis, abuelas: Audila e Hilaria, tías y primos/as. Quienes con sus palabras de aliento y afecto me impulsaron a seguir adelante, cuando más necesite impulso. Su apoyo constante ha sido parte esencial para llegar hasta aquí. A mi novia Maholi Enith, por brindarme siempre esa confianza que me demostró que no hay obstáculo imposible de superar. Gracias por estar, por motivarme, por hacer que todo sea más fácil cuando estás cerca.

A mi tutor, Ph.D. Roberto Santacruz Reyes, quien ha sido un verdadero mentor, la persona que me enseñó a amar esta hermosa carrera. Gracias por su paciencia, por su confianza, sus consejos, por siempre responder mis dudas, por motivarme a cada día querer saber más y sobre todo por ser un ejemplo de entrega profesional. Muchas gracias Doctor.

A mis especialistas Ing. Acuac. Cesar Valarezo y Dr. Patricio Renteria, por ayudarme y guiarme durante esta investigación. Así como al Ing. Wilmer Galarza, por prestarnos las instalaciones de la Estación de maricultura y acompañarnos durante la fase experimental de este proyecto para que la investigación pueda salir a flote, gracias por todas sus enseñanzas. A los docentes y personal de la Universidad Técnica de Machala, que supieron transmitirme no solo conocimientos, sino también valores y responsabilidad profesional. Además, un agradecimiento especial al Ing. Edras Rodríguez por su invaluable ayuda y consejos durante la carrera, una amistad sincera que siempre estuvo para solventar mis dudas.

A mi amigo y compañero de tesis, Bryan Campoverde, gracias por ser ese apoyo constante, por compartir alegrías, frustraciones y cada meta cumplida. ¡Lo logramos! A todos los amigos leales que me acompañaron durante la carrera, tanto en el aula de clase como fuera de ella, gracias por su sincera amistad.

Bryan Steeven Añazco Bravo

Expreso mi más sinceros agradecimientos a Dios principalmente y mi familia, a mis padres Richard y Gina por todo el apoyo que me otorgaron, la confianza, las oportunidades y por haber creído en mi todo este tiempo, a mis hermanos Derlys y Valentina, porque siempre han sido mi inspiración a lo largo de este camino, a mis tíos, a mis abuelos maternos Franco y Margarita por sus consejos en los momentos difíciles, y a mi tío Danny Tandazo, por ser como un hermano mayor durante mi existencia alentándome siempre y creyendo en mí, a mis amigos de cuatro patas: Caramelo, Melody y Yaku por acompañarme con su amor incondicional y aguantando las malas noches a mi lado para llegar hasta aquí.

Al amigo Wilson Gómez y su camaronera Valeria por ser los primeros en acogerme como aprendiz y creer en mí, también a la compañía Aso & Cam y sus socios (ASOCAM - Huaquillas) dirigida por el señor Patricio Mena, por darme la oportunidad de ingresar como practicante en dicha compañía y posteriormente pertenecer al cuerpo técnico como asistente durante algunos meses y permitirme ampliar mis conocimientos en el sector productivo. Al Ingeniero Víctor Hugo Romero desde Perú por compartir sus conocimientos como tutor en mis tiempos de practicante y la buena amistad que mantenemos hasta actualidad.

A todos los docentes de la Carrera de Acuicultura de la FCA, especialmente al Dr. Roberto Santacruz Reyes quien con sus valiosos conocimientos estuvo comprometido con la realización de nuestro trabajo de inicio a fin brindando todo el apoyo de forma satisfactoria en lo académico y profesional. A mis cotutores Ingeniero Cesar Valarezo y Dr. Patricio Rentería por estar incansablemente guiándonos el nuestro trabajo de titulación y por la excelente amistad que forjamos en el camino.

A mi compañero de tesis Bryan Añazco, por demostrar ser también un amigo leal durante todo este tiempo y dedicarle el esfuerzo, tiempo y compromiso que fueron muy necesarios para nuestro trabajo.

Al Ingeniero Wilmer Galarza, por abrirnos las puertas en la Estación de Maricultura para poder realizar la parte de nuestro trabajo experimental satisfactoriamente y resolver nuestras dudas en el desarrollo de esta fase.

Bryan Alexander Campoverde Tandazo

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y percarbonato de sodio (SPC) como enmiendas para mitigar la depleción de oxígeno disuelto en el cultivo de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), determinando su eficacia como herramientas de manejo ante eventos de hipoxia. Se realizaron experimentos controlados con distintos estadios de *L. vannamei* bajo diferentes concentraciones de ambos productos: las dosis usadas de SPC fueron de (0, 10, 20, 40 mg/L) y (0, 8, 16, 32 mg/L) para larvas y juveniles respectivamente, mientras que de H_2O_2 las dosis utilizadas fueron (0, 10, 20, y 40 mg/L) y (0, 8, 16, 32 mg/L) de igual forma. Se monitorearon parámetros de calidad del agua (temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto) y se registró la sintomatología fisiológica y comportamental de los organismos durante la exposición. Se calcularon porcentajes de saturación de oxígeno y se evaluó la supervivencia en todos los tratamientos. Los resultados demostraron que ambos productos incrementaron significativamente los niveles de oxígeno disuelto, siendo el H_2O_2 más eficaz que el SPC, alcanzando concentraciones de hasta 15.96 mg/L. Sin embargo, las dosis elevadas generaron síntomas de estrés fisiológico (letargia, nado errático, alteraciones de coloración) sin causar mortalidad directa. El SPC alteró significativamente el pH del agua más que el H_2O_2 . Se concluyó que ambos productos son efectivos para prevenir eventos de hipoxia, pero requieren protocolos técnicos específicos para su uso controlado, garantizando tanto la eficacia como aporte de oxígeno como el bienestar de los organismos cultivados en sistemas acuícolas.

Palabras Clave:

Percarbonato de sodio, peróxido de hidrogeno, oxígeno disuelto, estrés, dosis.

ABSTRACT

This study evaluated the effect of hydrogen peroxide (H_2O_2) and sodium percarbonate (SPC) as amendments to mitigate dissolved oxygen depletion in white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) farming, determining their effectiveness as management tools in response to hypoxia events. Controlled experiments were conducted with *L. vannamei* larvae and juveniles under different concentrations of both products: the doses used for SPC were (0, 10, 20, 40 mg/L) and (0, 8, 16, 32 mg/L) for larvae and juveniles, respectively, while the doses of H_2O_2 used were (0, 10, 20, and 40 mg/L) and (0, 8, 16, 32 mg/L) for larvae and juveniles, respectively. Water quality parameters (temperature, pH, salinity, dissolved oxygen) were monitored, and the physiological and behavioral symptoms of the organisms were recorded during exposure. Oxygen saturation percentages were calculated, and survival was evaluated in all treatments. The results showed that both products significantly increased dissolved oxygen levels, with H_2O_2 being more effective than SPC, reaching concentrations of up to 15.96 mg/L. However, high doses generated symptoms of physiological stress (lethargy, erratic swimming, color changes) without causing direct mortality. SPC significantly altered the pH of the water more than H_2O_2 . It was concluded that both products are effective in preventing hypoxia events, but require specific technical protocols for controlled use, ensuring both oxygenation efficacy and the welfare of organisms cultivated in aquaculture systems.

Keywords:

Sodium percarbonate, hydrogen peroxide, dissolved oxygen, stress, dose

INDICE

| | |
|---|-------|
| DEDICATORIA..... | I |
| AGRADECIMIENTO..... | III |
| RESUMEN | V |
| ABSTRACT..... | VI |
| 1. INTRODUCCIÓN | - 1 - |
| OBJETIVOS | 9 |
| Objetivo General..... | 9 |
| Objetivos Específicos | 9 |
| MATERIALES Y METODOS | 10 |
| Ubicación del Proyecto | 10 |
| Materiales y Equipos..... | 10 |
| <i>Material biológico</i> | 10 |
| <i>Equipos</i> | 10 |
| <i>Otros materiales</i> | 11 |
| <i>Reactivos</i> | 11 |
| Obtención de organismos | 11 |
| Obtención del agua de mar filtrada..... | 12 |
| Metodología Propuesta..... | 12 |
| Tipo y Diseño de Investigación | 13 |
| Bioensayos con renovación | 13 |
| Peróxido de Hidrógeno (H ₂ O ₂) | 13 |
| Ficha técnica peróxido de hidrógeno..... | 14 |
| Percarbonato de Sodio (2Na ₂ CO ₃ · 3H ₂ O ₂)..... | 14 |
| Ficha técnica percarbonato de sodio..... | 14 |
| Diseño Experimental | 15 |
| Configuración del Diseño Experimental en Fase de Juveniles | 17 |
| Adaptación y Aclimatación..... | 18 |
| Proceso Previo a la Experimentación | 18 |
| Selección de organismos | 18 |
| Suministro de Alimento..... | 19 |

| | |
|--|----|
| Renovación del agua | 19 |
| Medición de oxígeno disuelto..... | 19 |
| Control de parámetros de calidad de agua..... | 19 |
| Registro de datos | 20 |
| Preparación de solución concentrada de H ₂ O ₂ y SPC..... | 20 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 21 |
| Parámetros de calidad de agua registrados..... | 21 |
| Efecto del SPC en los niveles de oxígeno disuelto (O.D.) y saturación de oxígeno en unidades experimentales con larvas y juveniles. | 21 |
| Efecto del H ₂ O ₂ en los niveles de oxígeno disuelto (O.D.) y saturación de oxígeno en unidades experimentales con larvas y juveniles. | 23 |
| Sintomatología observada en organismos bajo tratamientos con (SPC) en larvas y juveniles..... | 24 |
| Sintomatología observada en organismos bajo tratamientos con (H ₂ O ₂) en larvas y juveniles..... | 29 |
| Discusión..... | 34 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 37 |
| Conclusiones | 37 |
| Recomendaciones..... | 38 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 39 |
| ANEXOS..... | 44 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Facultad de Ciencias Agropecuarias | 10 |
| Figura 2. Sector Sal si puedes, Santa Rosa - El Oro..... | 11 |
| Figura 3. Ubicación del laboratorio para la obtención del agua de mar filtrada..... | 12 |
| Figura 4. Diseño experimental: 12 tratamientos, cuatro dosis con tres replicas respectivas | 15 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Información físico química del peróxido de hidrogeno | 14 |
| Tabla 2. Información físico química del percarbonato de sodio..... | 15 |
| Tabla 3. Diseño experimental del bioensayo de percarbonato de sodio en larvas de <i>L. vannamei</i> | 16 |
| Tabla 4. Diseño experimental del bioensayo de peróxido de hidrogeno en larvas de <i>L. vannamei</i> | 17 |
| Tabla 5. Diseño experimental del bioensayo de percarbonato de sodio en juveniles de <i>L. vannamei</i> | 17 |
| Tabla 6. Diseño experimental del bioensayo de peróxido de hidrogeno en juveniles de <i>Litopenaeus vannamei</i> | 18 |
| Tabla 7. Diseño experimental del bioensayo de peróxido de hidrogeno en juveniles de <i>Litopenaeus vannamei</i> | 21 |
| Tabla 8. Concentración promedio y % de saturación de oxígeno disuelto (O.D.) en larvas de <i>L. vannamei</i> bajo diferentes dosis de percarbonato de sodio. | 22 |
| Tabla 9. Concentración promedio y % de saturación de oxígeno disuelto (O.D.) en juveniles de <i>L. vannamei</i> bajo diferentes dosis de percarbonato de sodio | 22 |
| Tabla 10. Concentración promedio y % de saturación de oxígeno disuelto (O.D.) en larvas de <i>L. vannamei</i> bajo diferentes dosis de peróxido de hidrógeno | 23 |
| Tabla 11. Concentración promedio de oxígeno disuelto (O.D.) en juveniles de <i>L. vannamei</i> bajo diferentes tratamientos con peróxido de hidrógeno. | 23 |

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del camarón blanco (*L. vannamei*) representa una de las actividades económicas más importantes para la industria alimentaria global, destacándose por su aporte significativo al comercio internacional y a la economía de los países productores. Este crustáceo, originario del Océano Pacífico Oriental, se distribuye desde el estado de Sonora en México hasta el norte de Perú, particularmente en Tumbes.

Fue clasificado taxonómicamente en 1931 por Boone y pertenece al

Reino: *Animalia*,

Phylum: *Arthropoda*,

Subphylum: *Crustacea*,

Clase: *Malacostraca*,

Orden: *Decapoda*,

Familia: *Penaeidae*,

Género: *Litopenaeus*

Especie: *L. vannamei* (Integrated Taxonomic Information System, 2023).

Actualmente la industria dedicada al cultivo de este crustáceo ha mostrado un notable crecimiento a nivel mundial, expandiéndose por regiones de Asia y Latinoamérica, principalmente debido a su adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, como amplios rangos de salinidad y temperatura, así como su resistencia relativa a enfermedades bajo sistemas de manejo adecuados (Gonzabay et al., 2021). Estas propiedades, combinadas con su alta tasa de crecimiento y su capacidad para desarrollarse en ambientes controlados, han consolidado a *L. vannamei* como una de las especies de crustáceos más cultivadas y exportadas en el mundo (FAO, 2020).

En Ecuador, esta industria comenzó en 1968 en Santa Rosa, El Oro, aprovechando condiciones naturales favorables, como la cercanía a estuarios y la disponibilidad de postlarvas. Durante la década de los setenta, el cultivo de camarón experimentó una rápida expansión en El Oro y Guayas, alcanzando un área de cultivo de 600 hectáreas

para 1974 (FAO, 2020). Sin embargo, hacia 1990, la aparición de enfermedades afectó significativamente los rendimientos, obligando al sector a adoptar métodos de cultivo más controlados para mitigar estas problemáticas y reestablecer los niveles de producción (Ullsco et al., 2021). Y es esta capacidad para adaptarse a distintas condiciones ambientales las que hacen del camarón blanco un recurso ideal para la acuicultura, donde puede optimizarse su rendimiento con prácticas adecuadas de manejo (FAO, 2007, 2009).

Ecuador es reconocido como una potencia mundial en la producción y exportación de camarón blanco, con una posición destacada en el mercado global, siendo el segundo mayor exportador después de India y proveedor clave para la Unión Europea, además de recibir reconocimientos internacionales como productor del mejor camarón del mundo (Proecuador, 2021). En la actualidad, este sector desempeña un papel crucial en la economía ecuatoriana, en mayo del 2025, Ecuador alcanzó un récord histórico en la exportación de camarón, enviando 151.521 toneladas métricas (TM), el mayor volumen mensual registrado a nivel mundial, con ingresos que alcanzaron los 785 millones de dólares, un aumento interanual del 30%.

Entre enero y mayo de 2025, las exportaciones sumaron 593.080 TM, reflejando un crecimiento del 17% en volumen y generando ingresos por 3.140 millones de dólares, lo que representa un incremento del 26% respecto al mismo periodo del año anterior (Shrimp Insights, 2025). Es por esto que es ampliamente valorado en acuicultura debido a su alta productividad y costos competitivos en el mercado internacional (Cobo & Pérez, 2018). Sin embargo, la intensificación de esta actividad ha venido acompañada de desafíos ambientales y técnicos, como el manejo adecuado del oxígeno disuelto (O.D.) en los estanques de cultivo, un factor crítico para la salud y el rendimiento de los organismos.

Una de sus características más importantes es su capacidad de adaptarse a distintos niveles de salinidad, lo que permite su cultivo en aguas de baja salinidad y con altas densidades, es esta capacidad de adaptación a diversos hábitats y dietas, lo que lo convierte en un organismo eficiente tanto en su estado natural como en condiciones de cultivo (Medina et al., 1999), siempre que se mantengan condiciones óptimas en los parámetros fisicoquímicos del agua (Barreto, 2020). Por consiguiente, el éxito de su cultivo no solo depende de características intrínsecas, sino también de factores

ambientales y de manejo, tales como la calidad del agua, la productividad primaria del sistema y una dieta balanceada que proporcione los nutrientes esenciales para su desarrollo, como proteínas, carbohidratos y lípidos (Senmache & Reyes, 2020).

Entre los parámetros fundamentales que determinan el éxito del cultivo de *L. vannamei* se encuentra la temperatura, la cual afecta directamente el metabolismo del organismo al regular reacciones enzimáticas y bioquímicas en el medio. Además, requiere temperaturas superiores a 20 °C y, dependiendo de su etapa de desarrollo, ocupa diferentes ambientes. El rango óptimo se sitúa entre 25 °C y 30 °C, ya que temperaturas inferiores a este intervalo reducen la tasa metabólica, mientras que valores superiores a 32 °C inducen estrés fisiológico, afectando negativamente el rendimiento y la conversión alimenticia (Harlina et al., 2022; Kim et al., 2024; Kir et al., 2022).

El pH del agua es igualmente esencial, pues valores fuera del rango óptimo de 7.5 a 8.5 pueden interferir en procesos críticos como la muda y afectar la salud general del organismo. Además, valores extremos impactan negativamente en el crecimiento, provocan estrés oxidativo, inmunosupresión y aumentan la susceptibilidad a enfermedades infecciosas (Duan et al., 2019; Olivo-Gutiérrez et al., 2018; Yu et al., 2020). Otro factor crítico es la salinidad, dado que este si bien puede sobrevivir en un rango de 0 a 50 ppt, alcanza su mayor crecimiento y supervivencia en salinidades de 20 a 30 ppt, dependiendo de la fase de desarrollo (Bermudes et al., 2017; Hassan et al., 2021; Jaffer et al., 2020).

Finalmente, el oxígeno disuelto (O.D.) representa un parámetro indispensable para el metabolismo del camarón, siendo requerido para la respiración, el crecimiento y la descomposición de materia orgánica en el sistema. Concentraciones en rangos óptimos de 4-7 mg/L favorecen el desarrollo somático y metabólico, mientras que niveles inferiores afectan significativamente el rendimiento del cultivo (Boyd, 2020; Huynh et al., 2024; Mulis & Habbie, 2022; Sánchez et al., 2018).

Por el otro lado, niveles elevados de oxígeno, en puntos de sobresaturación, debido a procesos como fotosíntesis excesiva o sobreoxigenación artificial, puede ocasionar problemas en el cultivo y enfermedades como la conocida "Enfermedad de las burbujas de agua" además que niveles fluctuantes de este gas en los cuerpos de agua de cultivo son causas de estrés (Martínez, 1999).

En el camarón el estrés por una sobresaturación de oxígeno, ocurre cuando la concentración de oxígeno disuelto en el agua supera el 100 % de saturación, y se refleja por varios síntomas según el grado de saturación, así como el tiempo de exposición al que se encuentre el organismo, volviéndolo propenso a enfermedades (Lutz, 1995). Por lo cual, podemos definir al estrés como un conjunto de respuestas fisiológicas que se presentan como reacción a una perturbación ambiental o metabólica que desvía al organismo de su homeostasis y desencadena rápidamente un cúmulo de respuestas fisiológicas y moleculares (Bayne, 1984).

La estabilidad de los niveles de O.D. es esencial para los procesos metabólicos del camarón, y su déficit puede afectar negativamente el consumo de alimento, el crecimiento y la conversión alimenticia. Sin embargo, la actividad acuícola enfrenta desafíos asociados a la hipoxia, una condición en la que los niveles de oxígeno disuelto disponible en el agua caen por debajo de los valores ideales, poniendo en riesgo la salud y supervivencia del camarón (Carrillo et al., 2024).

En respuesta a esta problemática, se han desarrollado productos destinados a aumentar los niveles del oxígeno disuelto en estanques de cultivo, con el objetivo de garantizar la viabilidad del sistema. Entre los productos más utilizados para situaciones de emergencia en los estanques se incluyen productos peroxihidratados como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el percarbonato de sodio (SPC) ($Na_2H_3CO_6$), que liberan oxígeno molecular en el agua como medida paliativa en situaciones críticas de riesgo, los cuales deben ser utilizados luego de un análisis de la situación presentada, ya que estos tienen funciones tanto para mantenimiento de los niveles óptimos de oxígeno como para desinfección y además son usadas en situaciones de emergencia, esto cuando ocurren caídas repentinas del nivel de oxígeno en el agua de cultivo.

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es un agente oxidante que tiene una aplicación potencial en la acuicultura debido a su capacidad para incrementar los niveles de oxígeno disuelto en el agua rápidamente. Este se descompone de manera espontánea liberando oxígeno molecular y agua en el proceso (Boyd & Tucker, 2014) Algunos de los usos de este compuesto son el control de sulfuro de hidrógeno, contrarrestar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) de aguas residuales, así mismo, su uso en desinfección acuícola es beneficioso, ya que,

al disociarse, no solo actúa como desinfectante, sino que también aumenta la concentración de oxígeno molecular en la columna de agua (Bögner et al., 2021).

En el medio acuático, H_2O_2 se disocia a través de un proceso de dismutación, liberando oxígeno y radicales hidroxilos altamente reactivos (Pardieck et al., 1992). Se ha establecido que, a partir de 1 gramo de peróxido de hidrógeno, en un estado de pureza al 100%, se producen aproximadamente 0,47 gramos de oxígeno molecular, lo que contribuye directamente al incremento de los niveles de oxígeno disuelto en el agua, una característica aprovechada en la acuicultura para mitigar eventos de hipoxia.

Sin embargo, durante este proceso se generan especies reactivas de oxígeno (ROS), como los radicales hidroxilo y superóxido, cuya alta reactividad es la base del potencial desinfectante del H_2O_2 . Los radicales hidroxilo, en particular, son capaces de oxidar biomoléculas esenciales mediante mecanismos de abstracción de hidrógeno y adición de hidroxilo, lo que conduce a la formación de radicales orgánicos y peróxidos, y, en etapas avanzadas, a la peroxidación de proteínas y otras estructuras celulares (Bögner et al., 2021). Además, es importante aclarar que el uso del H_2O_2 , debe hacerse con mucho cuidado siguiendo normas de bioseguridad ya que puede ocasionar quemaduras en la piel por una mala manipulación del mismo.

El percarbonato de sodio granular (SPC) es un compuesto químico sólido con textura cristalina el cual está conformado por carbonato de sodio y peróxido de hidrógeno en una proporción fija " $2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$ ", básicamente, suele contener entre un 98 a 99% de pureza en su composición, su estado inicial es sólido y en forma de gránulos que desprenden peróxido de hidrógeno, agua y oxígeno cuando se disuelve en el agua, este proceso genera microburbujas de oxígeno, lo que aumenta la concentración de O_2 en la columna de agua (Pedersen & Jokumsen, 2017).

El SPC representa una forma sólida del peróxido de hidrógeno que ha sido empleada de manera extensiva como fuente de peróxido de hidrógeno anhidro en diversos procesos de síntesis orgánica (Gao et al., 2020). Este compuesto ha ganado popularidad en la acuicultura debido a su capacidad para liberar peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al disolverse en agua, lo que incrementa los niveles de oxígeno disuelto en el medio acuático.

Por tanto, representa una opción más segura, ya que, al disolverse en agua, libera H_2O_2 de manera controlada y con menor riesgo, esta innovación no solo es más segura y económica, sino que también promete ser una solución eficaz para mejorar la calidad del agua en acuicultura. Su obtención se logra a partir de la pulverización de peróxido de hidrógeno y carbonato de sodio en un fluido, resultando en la formación de cristales de SPC (Jocsan, 2008), además, este compuesto se caracteriza por ser estable frente a impactos mecánicos, presenta un costo accesible y posee una vida útil prolongada, lo que lo convierte en una opción práctica y eficiente en aplicaciones industriales y ambientales.

Varios estudios han confirmado la efectividad de la tecnología UV/SPC, (radiación ultravioleta combinada con percarbonato de sodio) para una mayor acción desinfectante, en la eliminación de contaminantes en aguas residuales, mostrando alta eficiencia en la remoción de compuestos como el bisfenol A (BPA). Este proceso se basa en la activación del percarbonato de sodio mediante la exposición a radiación ultravioleta, lo que favorece la generación de especies reactivas de oxígeno, incluyendo radicales hidroxilo, altamente oxidantes.

Sin embargo, su aplicación requiere un manejo adecuado, tanto su dosificación como efectos deben ser evaluados cuidadosamente para evitar impactos adversos, ya que el uso inadecuado o excesivo de estos compuestos puede resultar en una sobresaturación de los niveles de oxígeno lo que puede llegar a provocar estrés en los animales cultivados, que derivan en varios síntomas, como lesiones, letargia, nado errático entre otros, según el tiempo de exposición estos niveles, así como influir en otros parámetros de calidad de agua de agua como el pH (Weitkamp & Katz, 1980).

Heinecke y Buchmann (2009) llevaron a cabo investigaciones en piscifactorías danesas sobre el uso del percarbonato de sodio (SPC). En sus estudios, aplicaron concentraciones de SPC en el rango de 50 a 100 mg/L durante períodos de exposición cortos. El uso de SPC es especialmente beneficioso en ambientes acuícolas donde se busca mejorar la oxigenación sin recurrir a productos químicos peligrosos o costosos. Su costo es significativamente menor en comparación con el H_2O_2 líquido, que oscila entre 1000 y 1200 dólares por tonelada métrica (Gao et al., 2020).

König et al (2021) destacan que el peróxido de hidrógeno al 50 % actúa como una solución efectiva para aumentar rápidamente el oxígeno disuelto en cuerpos de agua utilizados en acuicultura, especialmente en escenarios de hipoxia. De forma complementaria, Furtado et al (2014) reportan su aplicación segura en el cultivo de camarón blanco, sin generar efectos tóxicos significativos, las dosis varían en función de los niveles de oxígeno, aplicaciones de 8 L/ha ($0.8 \text{ ml/m}^3 = 0.4 \text{ ppm}$) para 3.0 ppm; 10 L/ha ($1.0 \text{ ml/m}^3 = 0.5 \text{ ppm}$) para 2.5 ppm; y 12 L/ha ($1.2 \text{ ml/m}^3 = 0.6 \text{ ppm}$) para 2.0 ppm.

Adicionalmente, Furtado et al (2014) realizaron un estudio centrado en la evaluación de la toxicidad aguda del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en juveniles de camarón blanco ($1.39 \pm 0.37 \text{ g}$) cultivados en sistemas de biofloc. La investigación se desarrolló mediante experimentos en recipientes de 4L, utilizando diferentes concentraciones de H_2O_2 (29, 58, 116, 174, 232, 290 y 348 $\mu\text{L/L}$), junto con un grupo control. Los hallazgos determinaron que la concentración letal media (LC50) a las 96 horas fue de 143.3 $\mu\text{L/L}$, se observó una mortalidad del 100% a una concentración de 348 $\mu\text{L/L}$ después de 16 horas, mientras que a 290 $\mu\text{L/L}$ se registró una mortalidad del 53.38% en las primeras 24 horas. Además, los camarones expuestos a concentraciones superiores a 174 $\mu\text{L/L}$ manifestaron comportamientos anormales, como natación errática y la aparición de burbujas entre el caparazón y el músculo, lo que sugiere daño físico y estrés oxidativo, también se evidenció melanización en el caparazón y las branquias en rangos de concentración entre 116 y 290 $\mu\text{L/L}$, lo que indica un efecto tóxico significativo que afecta la salud y supervivencia de los organismos.

Actualmente, existe una falta de estudios específicos sobre la toxicidad o el efecto en el comportamiento fisiológico de los organismos cultivados, cuando se utiliza estos productos de manera abrupta causando fluctuaciones de oxígeno repentinas llegando a niveles de sobresaturación, lo que limita la capacidad de los productores para tomar decisiones fundamentadas y eleva el riesgo de mortalidad en los estanques, afectando la sostenibilidad y rentabilidad del cultivo. Este vacío de conocimiento plantea interrogantes críticas, como la posibilidad de que las concentraciones actualmente empleadas en campo de peróxido de hidrógeno y percarbonato de sodio pueden llegar a ser perjudiciales para el cultivo de *L. vannamei*.

De manera que resulta esencial desarrollar investigaciones que aporten datos científicos sobre los límites seguros de uso, contribuyendo a la sostenibilidad y eficiencia de la industria acuícola nacional. Siendo esencial investigar no solo la eficacia de dichos productos, sino también su impacto en la fisiología y el bienestar de los organismos, garantizando que su uso contribuya verdaderamente a la sostenibilidad y productividad del sistema.

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo, evaluar el efecto de diferentes dosis derivadas de su aplicación en campo como enmiendas para mitigar la depleción de oxígeno disuelto en los cultivos. En esta investigación se busca generar información técnica que permita comprender los riesgos asociados al uso de estos productos, y advertir sobre los posibles síntomas de estrés en los organismos, contribuyendo así a un manejo más responsable y eficiente de los sistemas acuícolas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar el efecto de distintas dosis de productos (H_2O_2) y (SPC) en la producción de oxígeno en el agua y como causa de estrés en larvas y juveniles de camarón blanco bajo condiciones controladas.

Objetivos Específicos

- Determinar la respuesta del *L. vannamei* en términos de supervivencia y comportamiento, al aplicar distintas dosis de (H_2O_2) y (SPC).
- Analizar la eficacia de los productos aplicados para aumentar la disponibilidad del oxígeno disuelto en el agua.
- Conocer los riesgos potenciales derivados del uso excesivo de estos productos, considerando, los efectos observados en los organismos y condiciones del agua.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Proyecto

El proyecto fue realizado en las instalaciones de la Estación de maricultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la ciudad de Machala, provincia de El Oro.

Figura 1. Facultad de Ciencias Agropecuarias



Fuente: Google Maps, 2025

Las coordenadas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y sus instalaciones son las siguientes: $3^{\circ}17'30.4''S$ $79^{\circ}54'50.7''W$.

Materiales y Equipos

Material biológico

- Larvas de *L. vannamei*: con un peso promedio de aproximadamente 0.1 g, con alrededor de 12 días de cultivo
- Juveniles de *L. vannamei*: con un peso promedio de aproximadamente 2 g, con alrededor de 25 días de cultivo

Equipos

- Oxigenómetro portátil YSI, modelo Pro i20.
- Potenciómetro HANNA, modelo HI9827.
- Kit de medición de TAN, por colorimetría (API).
- Refractómetro para salinidad, modelo ATAGO.

- Balanza Analítica, BM modelo YR05568 // YR05572.
- Aireadores de acuario, mangueras y piedras difusoras.

Otros materiales

- 2 peceras de vidrio con capacidad para 200 L.
- 24 recipientes plásticos con 20 L de capacidad cada uno.
- Materiales de oficina como libreta de apuntes, cámara fotográfica y lapiceros.
- Bata de laboratorio, mascarilla, guantes.

Reactivos

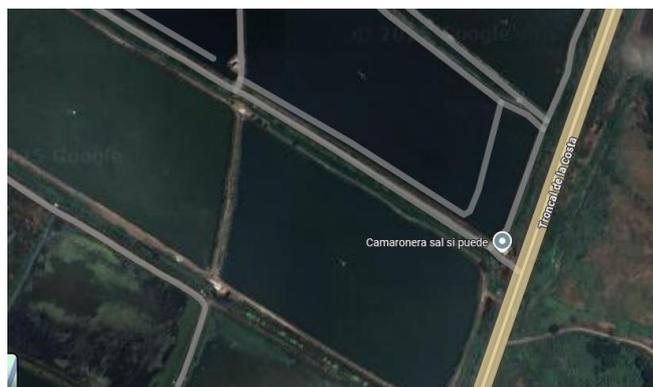
- Peróxido de hidrógeno al 50% de pureza (H_2O_2)
- Percarbonato de sodio con 98% de pureza ($2Na_2CO_3 \cdot 3H_2O_2$).

Obtención de organismos

Los organismos utilizados en el presente estudio fueron recolectados en una camaronera ubicada en el sector Sal Si Puedes, perteneciente al cantón Santa Rosa, provincia de El Oro. Se obtuvo un total de 300 juveniles de *L. vannamei*, a una salinidad de 9 ppt (partes por mil). Asimismo, se recolectaron aproximadamente 300 larvas provenientes del mismo sector, que de igual manera estaban en una salinidad de 9 ppt. Estos fueron trasladados hasta las instalaciones de la estación de maricultura de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica De Machala. Una vez ahí fueron puestas en un tanque de 400 L de agua para su aclimatación.

Ubicación del sitio de obtención de muestras de organismos

Figura 2: Sector Sal si puedes, Santa Rosa - El Oro - Ecuador



Fuente: Google Maps, 2025

Obtención del agua de mar filtrada

El agua de mar filtrada se la obtuvo del laboratorio de larvas del Ing. Fernando Bustos ubicado en Puerto Bolívar, de la ciudad de Machala. El agua tenía una salinidad de 20 ppt, por lo que se realizó una mezcla con agua de pozo para llevarla a las 9 ppt requeridas para la investigación

Figura 3. Ubicación del laboratorio para la obtención del agua de mar filtrada



Fuente: Google Maps, 2025

Metodología Propuesta

El presente estudio adopta un enfoque cualitativo-descriptivo, orientado a evaluar los efectos fisiológicos del camarón blanco, ante la aplicación de diferentes dosis de productos que elevan el nivel de oxígeno en el agua llegando a la sobresaturación. Permitiendo una exploración detallada del comportamiento y cambios fisiológicos observados en los organismos, así como la caracterización de las condiciones de la calidad del agua.

Según Guevara *et al.*, (2020) la investigación cualitativa busca comprender fenómenos complejos desde la perspectiva de los sujetos involucrados, permitiendo una descripción profunda y contextualizada de los eventos observados, sin limitarse a la cuantificación estricta de variables. Este enfoque resulta adecuado para estudiar efectos subletales y respuestas no letales que pueden pasar desapercibidas en estudios cuantitativos tradicionales.

Tipo y Diseño de Investigación

Se realizó un estudio descriptivo de tipo cualitativo, donde se documentaron y analizaron detalladamente las respuestas del camarón a las distintas dosis de productos aplicados, incluyendo la observación de signos de estrés, comportamiento y condiciones del medio ambiente acuático. Adicionalmente, se emplearon técnicas de observación directa y análisis descriptivo de los datos obtenidos. Este diseño permitió identificar patrones y tendencias relacionadas con la salud y bienestar de los organismos en función de las variaciones en los parámetros físico-químicos, particularmente los niveles de oxígeno disuelto, y de los productos aplicados.

De acuerdo con Guerrero & Guerrero (2014), este tipo de investigación se caracteriza por ser flexible, interactivo y reflexivo, lo que permite adaptar el proceso de estudio conforme se avanza en la recolección y análisis de datos y es fundamental para obtener un entendimiento comprensivo de fenómenos que ocurren en los sistemas acuícolas.

Bioensayos con renovación

En este tipo de bioensayo los organismos son sometidos a una nueva preparación de la misma concentración utilizada inicialmente, de manera periódica (generalmente cada 24 horas). Esta renovación es necesaria cuando la concentración activa de sustancias, en este caso (SPC) y (H_2O_2) utilizadas se degradan y son absorbidas o se pierden por otras razones con suficiente rapidez como para afectar notablemente los resultados del ensayo (FAO, 1981). Para preservar la integridad y estabilidad de los productos aplicados, se evitó el uso de sistemas de aireación en las unidades experimentales, ya que este procedimiento podría acelerar la volatilización del producto alterando su concentración.

Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2)

Se utilizó Peróxido de Hidrógeno de fuente comercial con una pureza de 50 %, que fue almacenado siguiendo normas estrictas de bioseguridad para garantizar su calidad y seguridad de manejo. La dosis usada en campo varía dependiendo si se utiliza en larvicultura, (10 ml por tonelada de agua) o engorde (40 litros por hectárea en piscinas

de 1m de altura). Según las recomendaciones del fabricante, estas dosificaciones pueden variar de caso en caso a criterio del técnico encargado.

Ficha técnica peróxido de hidrógeno

Tabla 1. Información físico química del peróxido de hidrógeno

| Parámetro | Especificación |
|---|--|
| Nombre comercial | Peróxido de Hidrógeno |
| Nombre químico | H ₂ O ₂ |
| Peso molecular | 34,01 g/mol |
| Apariencia | Líquido incoloro translúcido |
| Pureza | Mínimo 50% |
| Acidez libre (H₂SO₄) | Máximo 0,06% |
| Residuo por evaporación | Máximo 0,12% |
| Presentaciones disponibles | Bidones de 30 kg y 35 kg; IBC de 1100 kg y 1150 kg |

Fuente: (International Labour Organization and World Health Organization, 2018)

Percarbonato de Sodio (2Na₂CO₃ · 3H₂O₂)

El percarbonato de sodio que se utilizó en el experimento fue obtenido de una empresa de insumos acuícolas con una pureza del 98% para garantizar su eficiencia y pureza. La dosis recomendada en campo varía dependiendo de los requerimientos fisiológicos del estadio de camarón, en este caso para las larvas se usaron dosificaciones utilizadas en larvicultura (10 g por tonelada de agua) y para engorde (25-40 kg por hectárea en piscinas de 1m de altura). Según las recomendaciones del fabricante, estas dosificaciones pueden variar de caso en caso, a criterio del técnico encargado.

Ficha técnica percarbonato de sodio

Tabla 2. Información físico química del percarbonato de sodio

| Parámetro | Valor |
|-------------------------------|--|
| Formula | 2Na ₂ CO ₃ .3H ₂ O ₂ |
| Nombre químico | Carbonato sódico peroxidado |
| Apariencia | Granulado blanco |
| Peso de la humedad | 1% máximo |
| Valor del pH (solución 30g/L) | 10 – 11 |
| Hierro como Fe | 20 ppm máximo |
| Densidad aparente | 0,9 – 1,2 g/ml |
| Pureza | 98% mínimo |
| Contenido de P2O5 en peso | 0,8% máximo |

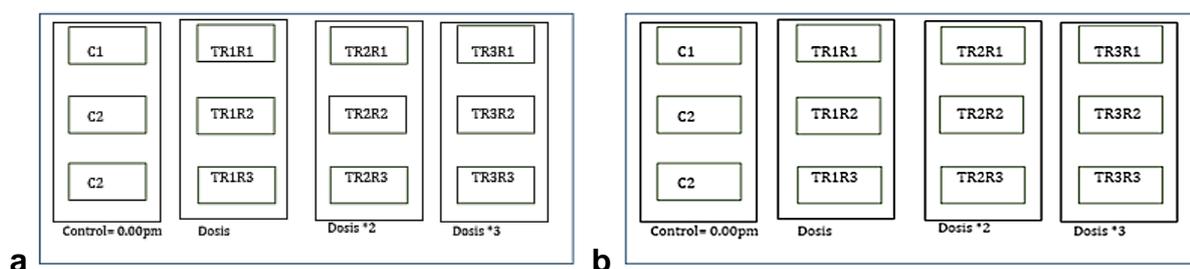
Fuente: (International Labour Organization and World Health Organization, 2018)

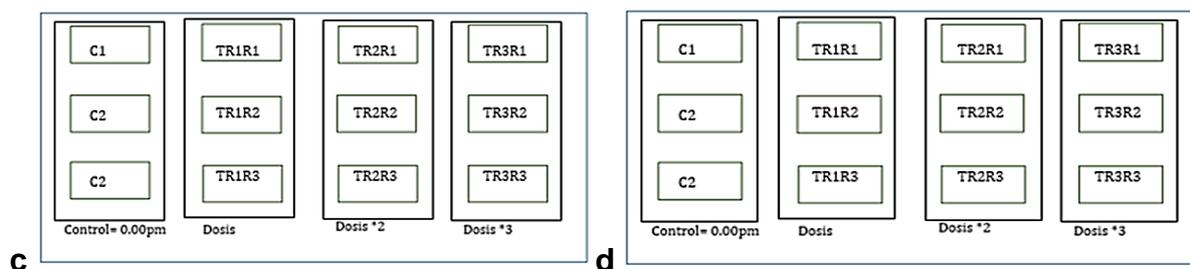
Diseño Experimental

Se empleó un diseño completo completamente al azar, conformado por cuatro tratamientos para cada producto: tres concentraciones distintas y un control sin aplicación de producto. Cada tratamiento contó con tres réplicas independientes, totalizando 12 unidades experimentales por cada peso estudiado. Se usaron 10 organismos por unidad experimental, aplicándose las soluciones de los productos en las concentraciones correspondientes según el tratamiento asignado. En total se utilizaron 240 organismos, distribuidos en dos fases experimentales independientes, con 120 individuos por fase y por peso evaluado.

Diagrama el diseño experimental para percarbonato de sodio y peróxido de hidrógeno en larvas y juveniles

Figura 4. Diseño experimental: 12 tratamientos, cuatro dosis con tres replicas respectivas. A y B muestran el diagrama usado para larvas y juveniles con percarbonato de sodio. C y D muestran el diagrama usado para larvas y juveniles con peróxido de hidrógeno.





Configuración del Diseño Experimental en la Fase con Larvas

Para cada producto se establecieron cuatro tratamientos: un grupo control (sin adición de producto) y tres grupos experimentales con distintas dosis (Véase Anexo 1). Cada tratamiento contó con tres réplicas, las cuales contenían 10 organismos por unidad experimental, en un volumen de 15 litros de agua. Esto permitió evaluar de forma controlada los efectos de las diferentes concentraciones de los productos aplicados sobre los organismos.

Tabla 3. Diseño experimental del bioensayo de percarbonato de sodio en larvas de *L. vannamei*

| Tratamientos | Dosis (mg/l) | Réplicas | Número de individuos | Cantidad de agua |
|--------------|--------------|----------|----------------------|------------------|
| Control | 0.00 | C1 | 10 | 15 litros |
| | | C2 | 10 | |
| | | C3 | 10 | |
| TR1 | 10.00 | TR1R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR1R1 | 10 | |
| | | TR1R2 | 10 | |
| TR2 | 20.00 | TR2R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR2R2 | 10 | |
| | | TR2R3 | 10 | |
| TR3 | 40.0 | TR3R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR3R2 | 10 | |
| | | TR3R3 | 10 | |

Tabla 4. Diseño experimental del bioensayo de peróxido de hidrogeno en larvas de *L. vannamei*.

| Tratamientos | Dosis (mg/l) | Réplicas | Número de individuos | Cantidad de agua |
|--------------|--------------|----------|----------------------|------------------|
| Control | 0.00 | C1 | 10 | 15 litros |
| | | C2 | 10 | |
| | | C3 | 10 | |
| TR1 | 10.0 | TR1R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR1R1 | 10 | |
| | | TR1R2 | 10 | |
| TR2 | 20.0 | TR2R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR2R2 | 10 | |
| | | TR2R3 | 10 | |
| TR3 | 40.0 | TR3R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR3R2 | 10 | |
| | | TR3R3 | 10 | |

Configuración del Diseño Experimental en Fase de Juveniles

Cada uno de los ensayos contó con cuatro tratamientos: un grupo control sin aplicación del producto y tres tratamientos experimentales con distintas concentraciones, de acuerdo a los cálculos realizados (Véase: Anexo 1). En estos experimentos se evaluaron los efectos del percarbonato de sodio y del peróxido de hidrógeno a diferentes concentraciones, con el objetivo de analizar la respuesta fisiológica de los camarones.

Tabla 5. Diseño experimental del bioensayo de percarbonato de sodio en juveniles de *L. vannamei*.

| Tratamientos | Dosis (mg/l) | Réplicas | Número de individuos | Cantidad de agua |
|--------------|--------------|----------|----------------------|------------------|
| Control | 0.00 | C1 | 10 | 15 litros |
| | | C2 | 10 | |
| | | C3 | 10 | |
| TR1 | 8.00 | TR1R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR1R1 | 10 | |
| | | TR1R2 | 10 | |
| TR2 | 16.00 | TR2R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR2R2 | 10 | |
| | | TR2R3 | 10 | |
| TR3 | 32.00 | TR3R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR3R2 | 10 | |
| | | TR3R3 | 10 | |

Tabla 6. Diseño experimental del bioensayo de peróxido de hidrogeno en juveniles de *Litopenaeus vannamei*.

| Tratamientos | Dosis (mg/l) | Réplicas | Número de individuos | Cantidad de agua |
|--------------|--------------|----------|----------------------|------------------|
| Control | 0.00 | C1 | 10 | 15 litros |
| | | C2 | 10 | |
| | | C3 | 10 | |
| TR1 | 8.00 | TR1R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR1R1 | 10 | |
| | | TR1R2 | 10 | |
| TR2 | 16.00 | TR2R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR2R2 | 10 | |
| | | TR2R3 | 10 | |
| TR3 | 32.00 | TR3R1 | 10 | 15 litros |
| | | TR3R2 | 10 | |
| | | TR3R3 | 10 | |

Adaptación y Aclimatación

Los organismos fueron ubicados en una pecera de 400 litros de capacidad, equipados con un sistema de aireación continua, con el fin de facilitar su proceso de adaptación y aclimatación. Este proceso se llevó a cabo durante un período de siete días, tanto para las larvas como para los juveniles. Durante este tiempo, se monitorearon las condiciones de agua y el estado de los organismos.

Proceso Previo a la Experimentación

Previo al inicio de la fase experimental, se llevó a cabo un proceso de preparación que incluyó la evaluación del tamaño y peso de los organismos seleccionados. Antes de introducir los organismos en las unidades experimentales, el agua fue sometida a un proceso de saturación con oxígeno, mediante aireadores con piedras difusoras, durante 24 horas para garantizar condiciones óptimas.

Selección de organismos

Finalizado el período de aclimatación, se procedió a la selección de los ejemplares para el experimento, un total de 120 organismos por cada peso, para cada fase (producto utilizado) priorizando aquellos que presentaban un comportamiento activo, sin deformidades visibles ni signos evidentes de enfermedad. Se trasladaron a recipientes con 15 litros con agua de características similares al medio de

aclimatación. Esto permitió minimizar el estrés por cambios en los parámetros fisicoquímicos y reducir la mortalidad.

Suministro de Alimento

Durante el período de aclimatación y fase experimental, los organismos fueron alimentados con un alimento balanceado de acorde a su tamaño. Se aplicó una dosificación *ad libitum*, debido principalmente a la baja temperatura presentada en las unidades experimentales que ralentiza su metabolismo. Las raciones se proporcionaron en dos horarios, una en la mañana a las 8:00 AM y otra en la tarde a las 4:00 PM.

Renovación del agua

El agua de las unidades experimentales fue renovada en su totalidad cada 24 horas, a fin de garantizar que los organismos se mantuvieran bajo exposición continua y controlada a las concentraciones establecidas de cada sustancia evaluada.

Medición de oxígeno disuelto

El monitoreo de oxígeno disuelto (O.D) se realizó de forma continua a lo largo de todo el experimento. Para la medición de O.D se empleó un oxímetro portátil de la marca YSI modelo pro i20, calibrado previamente según las especificaciones del fabricante. Las mediciones se efectuaron en tres momentos clave: antes de la aplicación de los productos, a los 10 minutos posteriores a la dosificación y transcurridas 2 horas. Este procedimiento se repitió luego de cada renovación de agua durante todo el periodo experimental, con el fin de evaluar la dinámica del O.D en respuesta a los tratamientos.

Control de parámetros de calidad de agua

Además del monitoreo de los niveles de oxígeno disuelto (O.D.), se realizó una medición periódica (cada 24 horas) de otros parámetros clave de calidad de agua, como la temperatura, la cual se obtuvo directamente del oxigenometro utilizado. El pH se midió utilizando un medidor portátil marca HANNA modelo HI98127. Para la determinación de los niveles de nitrógeno amoniacal total (TAN), se empleó un kit colorimétrico de la marca API, el cual puede estar sujeto a rangos de interpretación subjetivos por parte del observador.

Por ello para la medición de su forma toxica se utilizó la aplicación móvil BlueAqua, donde se ingresó valores de pH y temperatura del agua para el caculo de su toxicidad. Estas mediciones se realizaron con el propósito de garantizar la estabilidad del medio de cultivo, así como evaluar su influencia en las dosis aplicadas de productos.

Registro de datos

La recolección de datos se realizó cada 24 horas, efectuando una observación minuciosa de los síntomas fisiológicos y comportamentales presentados por los organismos, así como el registro de los parámetros de calidad de agua, con el fin de evaluar la evolución de los efectos generados en su comportamiento por los tratamientos aplicados.

Preparación de solución concentrada de H₂O₂ y SPC

Para la preparación de las dosis exactas se utilizó una balanza analítica dispuesta en el Laboratorio de Suelos de la facultad de Ciencias Agropecuarias. Se evaluaron cuatro diferentes concentraciones del producto a partir de dosis consultadas con técnicos que son utilizadas en campo, junto con un grupo control (0 ppm), siguiendo el mismo protocolo establecido.

Las concentraciones seleccionadas se elaboraron en base a la dosis de uso habitual en campo, el doble de dicha dosis y una concentración cuatro veces superior, con el fin de analizar tanto los efectos esperados en el comportamiento fisiológico de los organismos como los posibles riesgos asociados a sobredosificaciones, así como su efecto en la saturación de oxígeno e inferencia en la calidad de agua. (Véase Anexo 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros de calidad de agua registrados

Los parámetros de calidad de agua registrados durante la fase experimental de los experimentos realizados tanto con percarbonato de sodio como con peróxido de hidrógeno fueron los siguientes:

Tabla 7. Parámetros de calidad de agua registrados durante la experimentación

| Tratamiento | Salinidad | Temperatura °C prom. ± D.E | pH prom. ± D.E | TAN (mg/L) | NH ₃ (mg/L) |
|-----------------------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------------|---------------------------|
| Control | 9 ppt | 24.8 ± 0.2 | 8.2 ± 0.2 | 1.5 | 0.08 |
| Percarbonato de sodio | 9 ppt | 24.8 ± 0.4 | 8.7 ± 0.2 | 1.5 | 0.38 |
| Peróxido de hidrogeno | 9 ppt | 24.8 ± 0.4 | 8.4 ± 0.2 | 1.5 | 0.27 |

La Tabla 7 muestran los datos obtenidos durante la experimentación con (SPC) y (H₂O₂), la temperatura del agua se mantuvo estable al igual que la salinidad para ambos casos en relación al control.

Efecto del SPC en los niveles de oxígeno disuelto (O.D.) y saturación de oxígeno en unidades experimentales con larvas y juveniles.

Los valores promedio de oxígeno disuelto (O.D.) registrados en larvas durante el experimento bajo diferentes concentraciones de percarbonato de sodio (SPC) y peróxido de hidrógeno (H₂O₂), respectivamente. Los datos corresponden al promedio de los valores obtenidos en las diferentes réplicas de cada tratamiento. Adicionalmente, se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno, utilizando las tablas de referencia propuestas por Boyd (1989), considerando la salinidad y temperatura registradas durante el ensayo.

Tabla 8. Concentración promedio y % de saturación de oxígeno disuelto (O.D.) en larvas de *L. vannamei* bajo diferentes dosis de percarbonato de sodio.

| Tratamientos | Temperatura °C | Valor prom. OD | % saturación. |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| Control | 25 | 7.8 | 100 |
| TR1 | 25 | 8.44 | 108.2 |
| TR2 | 25 | 10.27 | 131.66 |
| TR3 | 25 | 12.96 | 166.15 |

La Tabla 8 muestra que, con el incremento de las dosis, se observó un aumento progresivo tanto en la concentración de oxígeno disuelto como en su saturación. En el tratamiento TR1, con una temperatura promedio de 25.4 °C, el O.D. alcanzó 8.44 mg/L, equivalente al 108.2 % de saturación, indicando un leve superávit de oxígeno. En TR2 (25 °C), los valores aumentaron significativamente a 10.27 mg/L y 131.66 % de saturación. El efecto más marcado se evidenció en el tratamiento TR3, donde la temperatura promedio fue de 24.2 °C y el O.D. se elevó a 12.96 mg/L, alcanzando una saturación de 166.15 %, lo que indica una condición de sobresaturación.

Tabla 9. Concentración promedio y % de saturación de oxígeno disuelto (O.D.) en juveniles de *L. vannamei* bajo diferentes dosis de percarbonato de sodio

| Tratamientos | Temperatura °C | Valor prom. OD | % saturación. |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| Control | 25 | 8.2 | 105.12 |
| TR1 | 25 | 10.72 | 137.43 |
| TR2 | 25 | 12.85 | 164.74 |
| TR3 | 25 | 14.33 | 183.84 |

En la Tabla 9 se observa que en juveniles de *L. vannamei* expuestos a diferentes concentraciones de percarbonato de sodio, se evidenció un incremento progresivo en los niveles de (O.D.), alcanzando valores desde 8,2 mg/L hasta 14,33 mg/L. Este

aumento se reflejó en porcentajes de saturación que oscilaron entre 105,12 % y 183,84 %, indicando un estado de sobresaturación conforme se incrementó la dosis del producto usado (SPC).

Efecto del H₂O₂ en los niveles de oxígeno disuelto (O.D.) y saturación de oxígeno en unidades experimentales con larvas y juveniles.

Los valores promedio de (O.D.) registrados en larvas y juveniles durante el experimento bajo diferentes concentraciones de peróxido de hidrógeno (H₂O₂), respectivamente. Adicionalmente, se calculó el porcentaje de saturación de oxígeno, utilizando las tablas de referencia propuestas por Boyd (1989), considerando la salinidad (9 ppt) y temperaturas registradas durante el ensayo.

Tabla 10. Concentración promedio y % de saturación de oxígeno disuelto (O.D.) en larvas de *L. vannamei* bajo diferentes dosis de peróxido de hidrógeno

| Tratamientos | Temperatura °C | Valor prom. OD | % saturación. |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| Control | 25 | 7.9 | 101.28 |
| TR1 | 25 | 9.83 | 125.64 |
| TR2 | 25 | 12.36 | 158.46 |
| TR3 | 25 | 14.87 | 190.64 |

La Tabla 10 expresa la aplicación de percarbonato de sodio en sistemas de cultivo de juveniles de *L. vannamei* produjo un aumento sostenido en las concentraciones de (O.D.), con valores que oscilaron entre 7,9 mg/L y 14,87 mg/L. Este efecto se tradujo en porcentajes de saturación que aumentaron de 101,28 % en el control a 190,64 % en el tratamiento de mayor dosis, evidenciando una sobresaturación progresiva.

Tabla 11. Temperatura saturación y concentración promedio de oxígeno disuelto (O.D.), de las distintas replicas en juveniles de *L. vannamei* bajo diferentes tratamientos con peróxido de hidrógeno.

| Tratamientos | Temperatura °C | Valor prom. OD | % saturación. |
|--------------|----------------|----------------|---------------|
| Control | 25 | 8.1 | 103.84 |
| TR1 | 25 | 11.66 | 149.48 |
| TR2 | 25 | 13.17 | 168.84 |
| TR3 | 25 | 15.27 | 195.76 |

La Tabla 11 refleja que en el tratamiento control (sin adición de H₂O₂), se registró una concentración de O.D. de 8.1 mg/L, correspondiente a una saturación del 103.84 %, valor levemente superior al 100 % debido a la aireación natural del sistema. En TR1, la aplicación de una dosis baja de peróxido de hidrógeno elevó significativamente el O.D. a 11.66 mg/L, con una saturación de 149.48 %, reflejando una condición de hiperoxia. Este efecto se intensificó en TR2, donde el O.D. alcanzó los 13.17 mg/L y una saturación del 168.84 %, y fue aún más marcado en TR3, con una concentración máxima de 15.27 mg/L y un 195.76 % de saturación

Sintomatología observada en organismos bajo tratamientos con (SPC) en larvas y juveniles

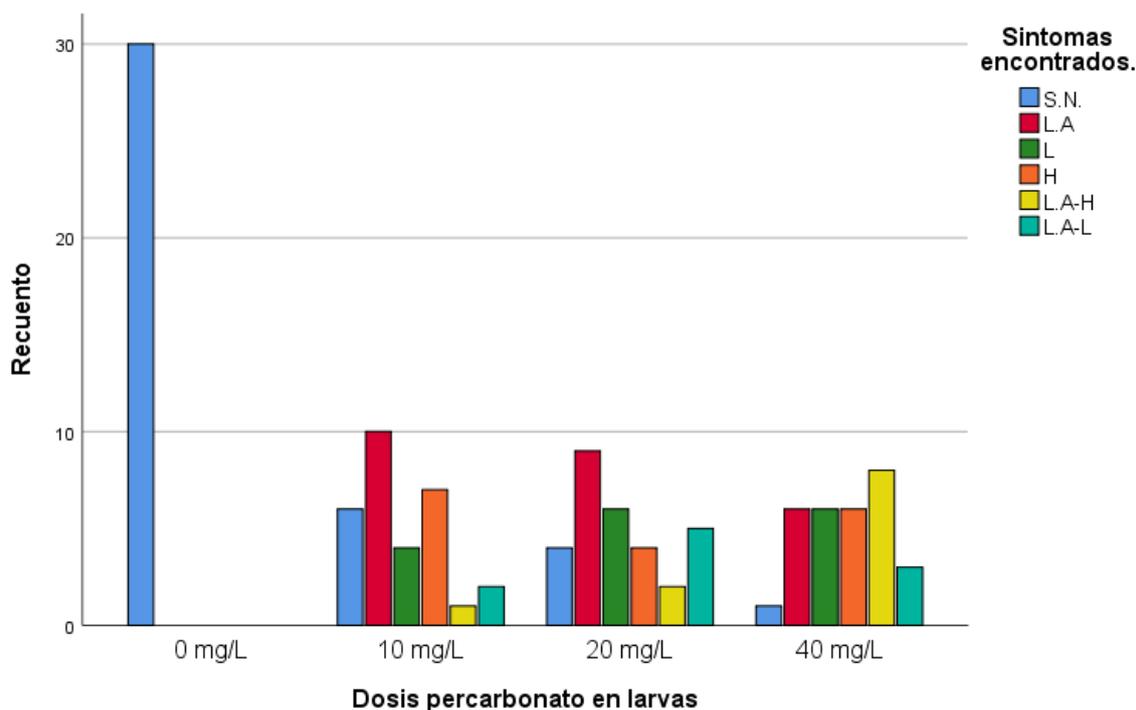
Tabla 12. Sintomatología observada en los organismos en base a la dosis de producto aplicada y los niveles de saturación de oxígeno, en larvas tras la aplicación de SPC. Dosis usadas en larvas de estudio: 0 mg/L-10 mg/L-20 mg/L-40 mg/L. Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N (Sin novedad), L.A (Larva azulada), L (Letargia), H (Hiperactividad), L.A-H (larva azulada e Hiperactividad), L.A-L (Larva azulada y Letargia).

| Dosis del producto (mg/L) | Oxígeno promedio (mg/L) | Total organismos observados | SINTOMAS | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | S.N. | L.A. | L. | H. | L.A-H. | L.A-L. |
| 0 | 7.80 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 8.44 | 30 | 6 | 10 | 4 | 7 | 1 | 2 |
| 20 | 10.27 | 30 | 4 | 9 | 6 | 4 | 2 | 5 |
| 40 | 12.96 | 30 | 1 | 6 | 6 | 6 | 8 | 3 |
| Total | — | 120 | 41 | 25 | 16 | 17 | 11 | 10 |

De acuerdo a la Tabla 12 en el grupo control, con un promedio de (O.D.) de 7,8 mg/L, no se observaron alteraciones fisiológicas ni comportamentales, manteniéndose el 100 % de los organismos sin síntomas visuales. Sin embargo, a medida que se incrementó la dosis de SPC, se evidenciaron efectos fisiológicos proporcionales a la concentración aplicada. En el tratamiento TR1 (10 mg/L), se registró un incremento del O.D. (8,44 mg/L) acompañado de sintomatología como coloración azulada en las larvas, además de letargia transitoria, e hiperactividad posiblemente asociada a un efecto inicial por el aumento de O.D. En TR2 (20 mg/L) la totalidad de los organismos presentó coloración azulada, mientras que se intensificaron los síntomas. En TR3 (40 mg/L), con un O.D. de 12,96 mg/L, la sintomatología fue más pronunciada. En total, de los 120 organismos evaluados, 41 (34.2%) permanecieron sin síntomas, mientras que el 65.8% mostró al menos una manifestación de estrés, siendo más frecuentes a partir de los 20 mg/L.

Figura 4. Gráfico de barras simple para representación de lo expuesto en Tabla 12 Dosis usadas en larvas de estudio: 0 mg/L-10 mg/L-20 mg/L-40 mg/L. Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N(Sin novedad), L.A

(Larva azulada), L (Letargia), H (Hiperactividad), L.A-H (larva azulada e Hiperactividad), L.A-L (Larva azulada y Letargia).



La Figura 6 muestra el gráfico de barras donde la distribución del número de organismos que presentaron distintos síntomas fisiológicos tras la exposición a concentraciones crecientes de percarbonato de sodio (0, 10, 20 y 40 mg/L). En el tratamiento control (0 mg/L), los 30 organismos se mantuvieron sin síntomas (S.N.). A partir de 10 mg/L, se registró una disminución en el número de organismos sin síntomas y un aumento progresivo de manifestaciones como larva azulada (L.A.), letargo (L), hipoxia (H) y combinaciones de síntomas (L.A-H. y L.A-L.).

En los tratamientos de 20 mg/L y 40 mg/L, se observa una distribución más equitativa entre las distintas categorías sintomáticas, destacando el incremento de organismos con múltiples signos de estrés, especialmente en el tratamiento de 40 mg/L, donde se registra el menor número de larvas sin síntomas.

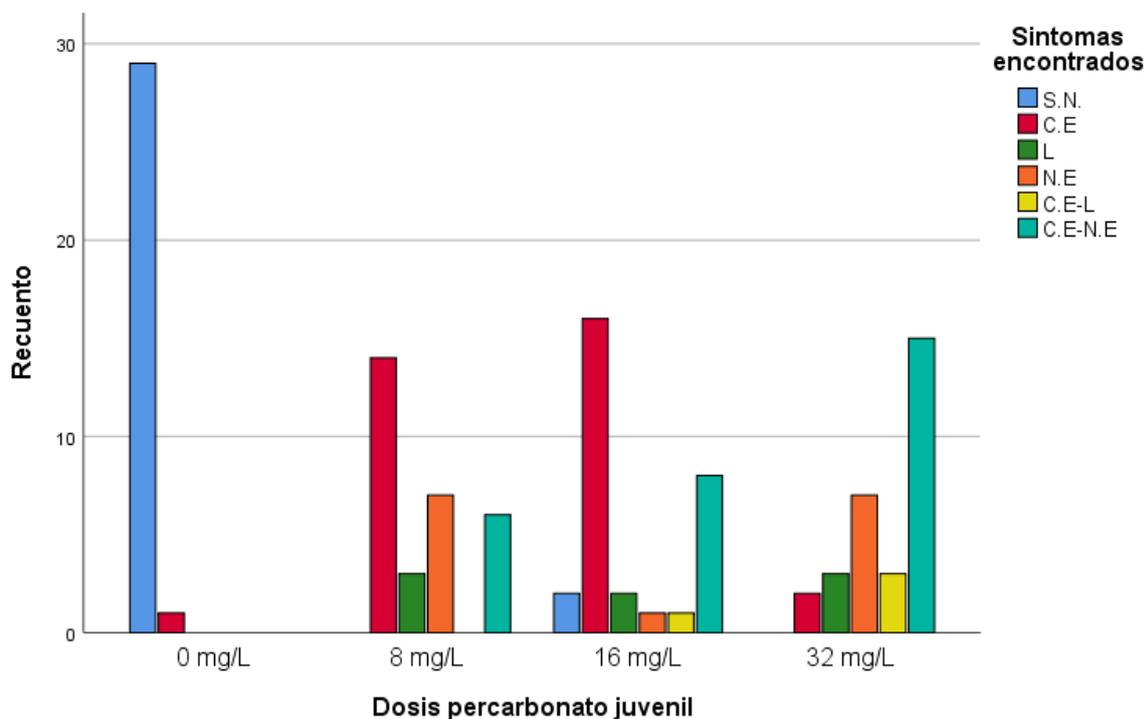
Tabla 13. Sintomatología observada en los organismos en base a la dosis de producto aplicada y los niveles de saturación de oxígeno, en juveniles tras la aplicación de SPC. Dosis usadas en juveniles de estudio: 0 mg/L-8 mg/L-16 mg/L y 32 mg/L. Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N(Sin novedad), L.A (Larva azulada), L(Letargia), N.E. (Nado errático), C.E-L. (Cromatóforos expandidos y letargia),C.E-N.E. (Cromatóforos expandidos y nado errático).

| Dosis del producto (mg/L) | Oxígeno promedio (mg/L) | Total organismos observados | SÍNTOMAS | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | S.N. | L.A. | L. | H. | L.A-H. | L.A-L. |
| 0 | 8,2 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 10,72 | 30 | 6 | 10 | 4 | 7 | 1 | 2 |
| 16 | 12,85 | 30 | 4 | 9 | 6 | 4 | 2 | 5 |
| 32 | 14,33 | 30 | 1 | 6 | 6 | 6 | 8 | 3 |
| Total | — | 120 | 41 | 25 | 16 | 17 | 11 | 10 |

La Tabla 13 muestra la distribución de síntomas de estrés en un total de 120 organismos juveniles tras la aplicación de cuatro tratamientos con SPC (0, 8, 16 y 32 mg/L), junto con los valores promedio de oxígeno disuelto alcanzados en cada uno. En el grupo control (0 mg/L), la totalidad de los organismos (n=30) no presentó ningún tipo de alteración.

Con la aplicación de 8 mg/L de SPC (O.D. promedio: 10,72 mg/L), se registró una reducción significativa de individuos sin síntomas, observándose la aparición de signos como larvas azuladas (L.A.), letargia (L), hipoxia (H) y combinaciones de síntomas (L.A.-H. y L.A.-L.). Este patrón se mantuvo en las dosis superiores de 16 y 32 mg/L, donde se incrementó el número de organismos que presentaron múltiples síntomas, particularmente a 32 mg/L, donde solo un organismo permaneció sin signos evidentes de afectación.

Figura 5. Gráfico de barras simple. Dosis usadas de (SPC) en juveniles de estudio: 0 mg/L-8 mg/L-16 mg/L-32 mg/L Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N (Sin novedad), C.E (Cromatóforos expandidos), L (Letargia), N.E. (Nado errático), C.E-L. (Cromatóforos expandidos y letargia), C.E-N.E. (Cromatóforos expandidos y nado errático).



La Figura 5 muestra la frecuencia de síntomas fisiológicos en juveniles sometidos a cuatro dosis de SPC (0, 8, 16 y 32 mg/L), mediante un gráfico de barras. En el tratamiento control (0 mg/L), el 100% de los organismos (n=30) no presentó signos de afectación (S.N). Con el incremento de las dosis, se evidenció una disminución progresiva en el número de organismos sin síntomas, con un aumento en la aparición de signos de estrés como cromatóforos expandidos (C.E), letargia (L), nado errático (N.E.) y combinaciones de estos, como C.E-L. y C.E-N.E.

A partir de 8 mg/L, se observó una diversificación en la sintomatología, siendo C.E. el síntoma más frecuente. A dosis de 32 mg/L, se presentó la mayor frecuencia de organismos con combinación de síntomas, especialmente C.E-N.E.

Sintomatología observada en organismos bajo tratamientos con (H₂O₂) en larvas y juveniles.

Tabla 14. Sintomatología observada en los organismos en base a la dosis de producto aplicada y los niveles de saturación de oxígeno, en larvas tras la aplicación de H₂O₂. Dosis usadas en larvas de estudio: 0 mg/L-10 mg/L-20 mg/L-40 mg/L. Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N (Sin novedad), L.A (Larva azulada), L (Letargia), H (Hiperactividad), L.A-H (larva azulada e Hiperactividad), L.A-L (Larva azulada y Letargia).

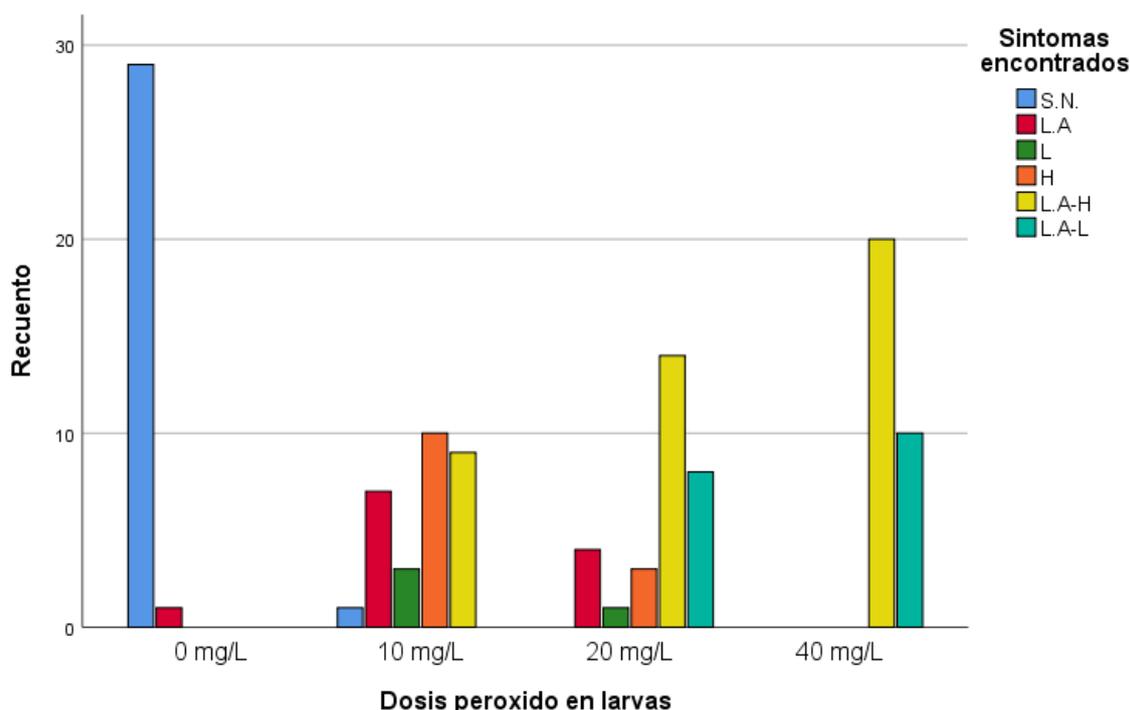
| Dosis del producto (mg/L) | Oxígeno promedio (mg/L) | Total organismos observados | SINTOMAS | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | S.N. | L.A. | L. | H. | L.A-H. | L.A-L. |
| 0 | 7.90 | 30 | 29 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 9.83 | 30 | 1 | 7 | 3 | 10 | 9 | 0 |
| 20 | 12.36 | 30 | 0 | 4 | 1 | 3 | 14 | 8 |
| 40 | 14.87 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 10 |
| Total | — | 120 | 30 | 12 | 4 | 13 | 43 | 18 |

La Tabla 14 muestra la distribución de síntomas observados en 120 larvas divididas en cuatro grupos de 30 organismos cada uno, sometidas a diferentes concentraciones de H₂O₂. En el grupo control (0 mg/L) con oxígeno promedio de 7,90 mg/L, 29 organismos se mantuvieron sin novedad (S.N.) y únicamente 1 presentó larva azulada (L.A.), sin registro de otros síntomas. A una concentración de 10 mg/L con oxígeno promedio de 9,83 mg/L, se observó 1 organismo sin novedad, 7 con larva azulada, 3 con letargia (L.), 10 con hiperactividad (H.), 9 con combinación larva azulada-hiperactividad (L.A-H.) y ninguno con larva azulada-letargia (L.A-L.). En el tratamiento de 20 mg/L con oxígeno promedio de 12,36 mg/L, no se registraron organismos sin novedad, 4 presentaron larva azulada, 1 letargia, 3 hiperactividad, 14 larva azulada-hiperactividad y 8 larva azulada-letargia.

A la concentración más alta de 40 mg/L con oxígeno promedio de 14,87 mg/L, no se observaron organismos sin novedad ni con síntomas individuales de larva azulada,

letargia o hiperactividad. La totalidad de los organismos presentó síntomas combinados: 20 con larva azulada-hiperactividad y 10 con larva azulada-letargia. Los totales generales indican que de las 120 larvas evaluadas, 30 se mantuvieron sin novedad, 12 presentaron larva azulada, 4 letargia, 13 hiperactividad, 43 la combinación larva azulada-hiperactividad y 18 larva azulada-letargia.

Figura 6: Grafico de barras simple para representación de los síntomas. Dosis usadas en larvas de estudio: 0 mg/L-10 mg/L-20 mg/L-40 mg/L. Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N (Sin novedad), L.A (Larva azulada), L (Letargia), H (Hiperactividad), L.A-H (larva azulada e Hiperactividad), L.A-L (Larva azulada y Letargia).



La figura 6 muestra la distribución de síntomas de estrés en larvas expuestas a cuatro niveles de H_2O_2 : 0, 10, 20 y 40 mg/L. Cada barra representa el número de organismos que presentó un tipo específico de sintomatología, ya sea única o combinada. En el tratamiento control (0 mg/L), prácticamente la totalidad de las larvas se mantuvieron sin novedad (S.N), lo que indica condiciones basales normales sin signos de estrés. Sin embargo, conforme aumenta la dosis del agente oxidante, se incrementa la frecuencia de síntomas, destacándose la aparición progresiva de combinaciones de estrés como L.A-H (larva azulada e hiperactividad) y L.A-L (larva azulada con letargia), siendo estas últimas las más representativas a dosis de 20 y 40 mg/L. En la dosis más

alta (40 mg/L), desaparecen completamente los casos sin síntomas (S.N), y se evidencia un predominio claro especialmente L.A-H, que representa más del 65% de los casos.

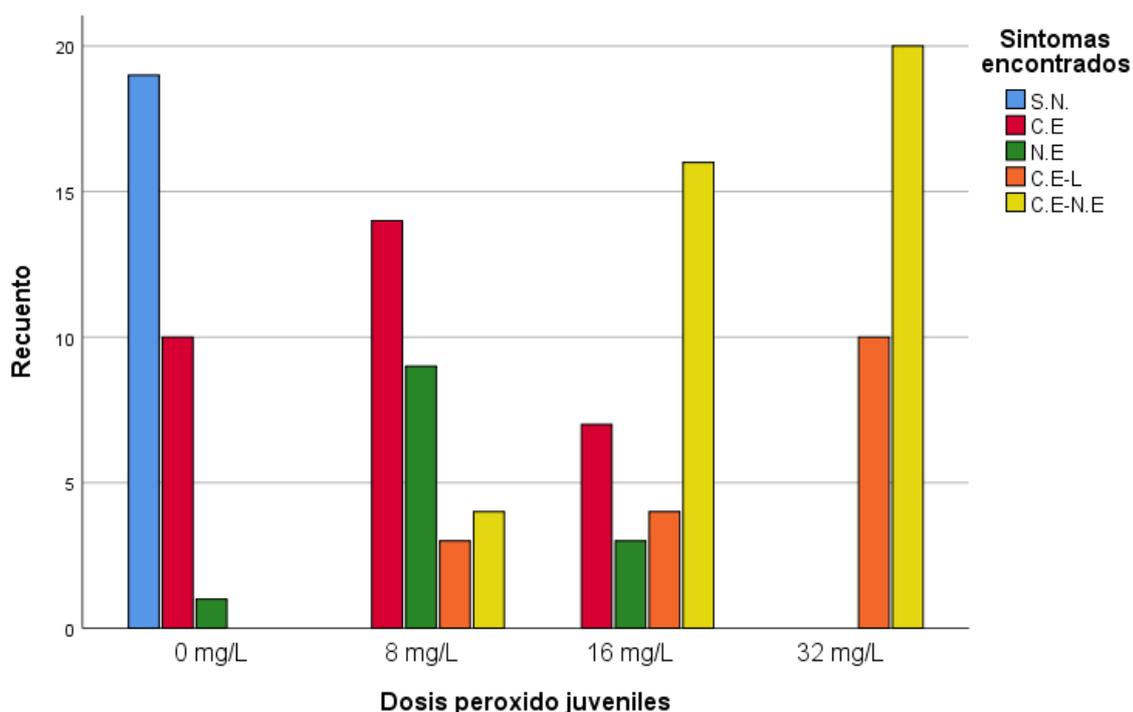
Tabla 15. Sintomatología observada en los organismos en base a la dosis de producto aplicada y los niveles de saturación de oxígeno, en juveniles tras la aplicación de H₂O₂. Dosis usadas en juveniles de estudio: 0 mg/L-8 mg/L-16 mg/L y 32 mg/L. Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N(Sin novedad), L.A (Larva azulada), L (Letargia), N.E. (Nado errático), C.E-L. (Cromatóforos expandidos y letargia), C.E-N.E. (Cromatóforos expandidos y nado errático).

| Dosis del producto (mg/L) | Oxígeno promedio (mg/L) | Total organismos observados | SINTOMAS | | | | | |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | S.N. | L.A. | L. | H. | L.A-H. | L.A-L. |
| 0 | 8,1 | 30 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 11.66 | 30 | 6 | 10 | 4 | 7 | 1 | 2 |
| 16 | 13.17 | 30 | 4 | 9 | 6 | 4 | 2 | 5 |
| 32 | 15.27 | 30 | 1 | 6 | 6 | 6 | 8 | 3 |
| Total | — | 120 | 41 | 25 | 16 | 17 | 11 | 10 |

La Tabla 15 presenta la distribución de síntomas observados en 120 juveniles distribuidos en cuatro grupos de 30 organismos cada uno, expuestos a diferentes concentraciones de H₂O₂. En el grupo control (0 mg/L) con oxígeno promedio de 8,1 mg/L, todos los organismos (30) se mantuvieron sin novedad (S.N.), sin presentar ningún otro síntoma. A una concentración de 8 mg/L con oxígeno promedio de 11,66 mg/L, se observaron 6 organismos sin novedad, 10 con larva azulada (L.A.), 4 con letargia (L.), 7 con hiperactividad (H.), 1 con combinación larva azulada-hiperactividad (L.A-H.) y 2 con larva azulada-letargia (L.A-L.). En el tratamiento de 16 mg/L con oxígeno promedio de 13,17 mg/L, se registraron 4 organismos sin novedad, 9 con larva azulada, 6 con letargia, 4 con hiperactividad, 2 con larva azulada-hiperactividad y 5 con larva azulada-letargia.

En la concentración más alta de 32 mg/L con oxígeno promedio de 15,27 mg/L, se observó 1 organismo sin novedad, 6 con larva azulada, 6 con letargia, 6 con hiperactividad, 8 con larva azulada-hiperactividad y 3 con larva azulada-letargia. Los totales generales muestran que de los 120 organismos evaluados, 41 se mantuvieron sin novedad, 25 presentaron larva azulada, 16 letargia, 17 hiperactividad, 11 la combinación larva azulada-hiperactividad y 10 larva azulada-letargia.

Figura 8. Grafico e barras simple. Dosis usadas en juveniles de estudio: 0 mg/L-8 mg/L-16 mg/L y 32 mg/L. Síntomas de estrés identificados en los organismos, algunos presentaron una combinación de varios como se muestra a continuación: S.N (Sin novedad), C.E. (Cromatóforos expandidos), L (Letargia), N.E. (Nado errático), C.E-L. (Cromatóforos expandidos y letargia), C.E-N.E. (Cromatóforos expandidos y nado errático).



La Figura 8 muestra que en la concentración control (0 mg/L), se registró el mayor número de organismos sin novedad (S.N) con aproximadamente 19 individuos, seguido por cromatóforos expandidos (C.E.) con 10 organismos y letargia (L) con 1 organismo. A 8 mg/L, predominaron los cromatóforos expandidos (C.E.) con 14 organismos, seguido por nado errático (N.E.) con 9 organismos y la combinación cromatóforos expandidos-nado errático (C.E-N.E.) con 4 organismos.

En la concentración de 16 mg/L, se observó cromatóforos expandidos (C.E.) en 7 organismos, letargia (L) en 3 organismos, nado errático (N.E.) en 3 organismos, cromatóforos expandidos-letargia (C.E-L.) en 4 organismos, y cromatóforos

expandidos-nado errático (C.E-N.E.) en 16 organismos. Finalmente, a 32 mg/L se registraron 10 organismos con cromatóforos expandidos (C.E.), 10 con letargia (L), y 20 con la combinación cromatóforos expandidos-nado errático (C.E-N.E.).

Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian una sensibilidad del camarón blanco *L. vannamei* frente a concentraciones elevadas de peróxido de hidrógeno y percarbonato de sodio, producto de la sobresaturación de oxígeno que estas producirán en el medio.

Se reflejó un incremento en el pH en los tratamientos con SPC, esto se debe a que el percarbonato de sodio, al disolverse en agua, libera iones carbonato (CO_3^{2-}), los cuales reaccionan incrementando la concentración de iones hidroxilo (OH^-) en el medio, lo que provoca un aumento en el pH, lo que vuelve alcalino el medio. Esto si bien no es un problema directo para el cultivo, lo es de forma indirecta ya que ha mayor pH el NH_4^+ pasa a NH_3 , y aumenta la toxicidad, por proporcionalidad, en el agua lo que puede ocasionar problemas en los cultivos (Trussell, 1972). Esta va a la par de nuestra investigación ya que los valores de NH_3 fueron menos tóxicos en el control con un pH menor. Mientras que en los tratamientos con SPC el pH fue mayor así como la cantidad medida de NH_3 .

Según Boyd (1989), el punto de saturación oxígeno no varía a temperatura estable, además expone que a una temperatura de 25 °C y una salinidad de 9 ppt, el punto de saturación de oxígeno disuelto en el agua es de 7,8 mg/L. Tomando estos valores como referencia, se puede afirmar que en los tratamientos control, tanto para el larvas como juveniles el agua alcanzaba ya el punto de saturación de oxígeno. Sin embargo, tras la aplicación de los productos, especialmente el H_2O_2 , se evidenció un rápido incremento en los niveles de oxígeno disuelto, alcanzando sobresaturaciones proporcionales al aumento de la dosis, esto vino de la mano con diferentes síntomas de estrés en los ejemplares expuestos.

Aunque no se registró mortalidad en ninguno de los tratamientos, se observaron síntomas claros de estrés fisiológico que aumentaron conforme se incrementó la dosis de los productos aplicados. En larvas la exposición a altas dosis de peróxido de hidrógeno generó sobresaturación de oxígeno (hasta 15,27 mg/L) produciendo síntomas como letargia y coloración azulada de las larvas. Por su parte, el percarbonato de sodio provocó efectos menos marcados, aunque a dosis elevadas

también se detectaron alteraciones como hiperactividad, cambios de coloración y letargia en los juveniles puestos a estudio.

Los gráficos muestran la incidencia de los distintos síntomas observados durante la exposición de los organismos a los tratamientos con SPC en larvas y juveniles de experimentación, respectivamente, a la par del incremento en las dosis del producto. Se identificaron síntomas fisiológicos y comportamentales asociados a los cambios en los parámetros de calidad de agua, principalmente debidos al aumento de las dosis y por consiguiente del porcentaje de saturación de oxígeno. Además se evidencia una correlación directa entre el incremento en la concentración de peróxido de hidrógeno y el aumento en los niveles de oxígeno disuelto, así como una progresión hacia síntomas más severos y combinados a mayores concentraciones.

Tras la aplicación de peróxido de hidrógeno como tal, se generó un estado de hiperoxia, es decir un incremento rápido del oxígeno disuelto, los niveles de oxígeno se presentaron superiores a lo normal, por lo cual, Duan et al (2022) evaluaron en su estudio la respuesta de escape ("*tail-flip*") en camarones bajo diferentes concentraciones de O.D. observaron que incrementar el oxígeno más allá del nivel de saturación (~10 mg/L) no mejoró significativamente la velocidad ni la distancia de escape, de hecho, a concentraciones excesivamente altas de O.D. se reportó una leve disminución en el rendimiento locomotor, lo que sugiere un posible efecto negativo de la hiperoxia sobre la capacidad motriz, la reducción en procesos enzimáticos limitan la contracción muscular y la respuesta motora.

Por otro lado, Patkaew et al (2024) evaluaron los efectos de la exposición a condiciones de oxígeno supersaturado (~15 mg/L) en juveniles de *L. vannamei* (~5,76 g), observaron respuestas fisiológicas tanto a nivel de comportamiento como molecular, durante los primeros minutos, los animales presentaron signos de letargia y alteraciones en su actividad. Esto va en concordancia con la presente investigación ya que al sobrepasar los 15 mg/L de O.D en el agua, en el tratamiento 3 con H₂O₂, la sintomatología como letargia y cambios de coloración afecto a la mayoría de organismos.

Adicionalmente, estudios como los de Estrada-Cárdenas et al (2021), demostraron que condiciones como la hipoxia, la reoxigenación y la temperatura elevada modulan complejamente la respuesta antioxidante en *L. vannamei*, principalmente a través de

enzimas antioxidantes como el glutatión peroxidasa (GPx), catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD). Como consecuencia, se han reportado afectaciones como reducción del número de hemocitos, daño tisular en branquias y hepatopáncreas, así como respuestas fisiológicas de letargia en algunos organismos (Zeng et al., 2023). En el presente trabajo, aunque no se aplicaron estos factores combinados, la sobresaturación artificial de oxígeno generada pudo inducir un estrés similar, afectando particularmente tejidos sensibles y a la fisiología del organismo.

Estudios como el de Piyatiratitivorakul et al (2002), que evaluó la toxicidad aguda del H₂O₂ en postlarvas de *Penaeus monodon* en presencia de fitoplancton tóxico: *Chattonella marina* y *Heterosigma akashiwo*, confirma un patrón similar: concentraciones elevadas inducen estrés agudo manifestado en nado errático, inactividad progresiva e incluso mortalidad en tiempos cortos. En el presente trabajo, si bien se utilizó *L. vannamei* como especie modelo y se incluyó también el percarbonato de sodio Si bien en el presente estudio no se registró mortalidad en ninguno de los tratamientos ni en los diferentes tiempos de exposición evaluados, es razonable especular que, al incrementar las concentraciones por encima de las dosis utilizadas, se podría alcanzar un umbral tóxico, ya que se evidenció un patrón similar: los camarones sometidos a concentraciones más elevadas (40 ppm) mostraron signos de estrés agudo, como nado errático y letargia..

No obstante, es importante destacar que, la exposición a estas dosis podría generar efectos subletales que comprometan el bienestar fisiológico y productivo de los organismos, afectando parámetros como el crecimiento, la supervivencia a largo plazo o la integridad de los tejidos, lo que a su vez repercute negativamente en la sostenibilidad del cultivo. Esto es de vital importancia en la gestión acuícola, sobre todo ante eventos de hipoxia o “barbeos”, donde el uso de estas sustancias suele ser más agresivo. De modo que, el uso controlado del H₂O₂ y SPC podría representar una estrategia eficaz para evitar la depleción de oxígeno, siempre que se respete el umbral de toxicidad para los organismos objetivo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación permitieron evaluar el efecto tanto en el agua como en los organismos expuestos a diferentes dosis de productos emergentes aplicados en campo, específicamente peróxido de hidrógeno y percarbonato de sodio, utilizados como enmiendas para mitigar la depleción de oxígeno disuelto (O.D.) en cultivos acuícolas. Se demostró que ambos productos incrementan significativamente los niveles de O.D. y saturación de oxígeno, alcanzando concentraciones de hasta 15,96 mg/L en los tratamientos de mayor dosis con H₂O₂, lo que evidencia su potencial como herramientas de manejo frente a eventos de hipoxia como “barbeos”.

El estudio reveló que el uso de dosis elevadas genera síntomas fisiológicos de estrés en los organismos, tales como letargia, nado errático, alteraciones en la coloración y expansión de cromatóforos, sin que se haya registrado mortalidad en los tiempos evaluados. Estos efectos fueron más notorios en los tratamientos con H₂O₂, donde incluso se llegó a una sobresaturación de oxígeno, en comparación con el SPC. Además, en el caso del SPC se evidencio que en grandes dosis puede llegar a afectar la calidad del agua alterando parámetros como el pH, lo cual es riesgoso si tenemos en cuenta que a mayor pH y temperatura el amonio (NH₃) aumenta la proporción de amonio no ionizado.

Por tanto, si bien los productos evaluados demostraron eficacia para la mitigación de la depleción de oxígeno, su uso inadecuado o en concentraciones superiores a las recomendadas representa un riesgo potencial para la salud de los organismos, afectando su comportamiento, fisiología y, en consecuencia, la productividad del sistema acuícola. Se concluye que la aplicación de estos productos, debe realizarse de forma controlada y basada en parámetros técnicos precisos, considerando tanto los beneficios como los posibles efectos perjudiciales, con el fin de optimizar su uso y garantizar el bienestar de los organismos cultivados.

Recomendaciones

- Se sugiere realizar estudios adicionales enfocados en determinar la Concentración Letal Media (CL50) tanto del peróxido de hidrógeno como del percarbonato de sodio en *L. vannamei*, lo que permitiría establecer con mayor precisión los límites de seguridad y toxicidad de estos productos emergentes en cultivos acuícolas.
- Se recomienda investigaciones futuras con un mayor rango de pesos y tallas de camarón, considerando no solo larvas y juveniles, sino también organismos en etapas adultas. Esto permitiría evaluar la posible variación en la sensibilidad fisiológica en función del desarrollo ontogénico.
- Se recomienda realizar experimentos que incluyan diferentes condiciones ambientales, como variaciones en temperatura, salinidad y pH, para analizar su efecto con estas condiciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto, F. (2020). *Efecto de la salinidad y dietas sin harina de pescado sobre la fisiología digestiva y crecimiento en el Camarón Blanco Litopenaeus vannamei (BOONE, 1931) cultivados en biofloc* [Universidad Autónoma de Nayarit].
<http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2408>
- Bayne, B. (1984). *The Effects of Stress and Pollution on Marine Animals* (1st ed.). Praeger Publishers.
- Bermudes, J., Nieves, S., & Medina, A. (2017). Efecto de la temperatura y la salinidad sobre la supervivencia y el desarrollo larvario de *Litopenaeus vannamei*. *Revista MVZ Córdoba*, 22(2), 5844–5853.
- Bögner, D., Bögner, M., Schmachtl, F., Bill, N., Halfer, J., & Slater, M. J. (2021). Hydrogen peroxide oxygenation and disinfection capacity in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 92, 102140.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102140>
- Boyd, C. (1989). *Water quality management and aeration in shrimp farming* (Vol. 1). Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University.
- Boyd, C., & Tucker, C. (2014). Chapter 21. Miscellaneous Treatments. In *Handbook for Aquaculture Water Quality* (pp. 285–286). Craftmaster Printers, Inc.
- Boyd, Claude. (2020). *Descomposición de materia orgánica en sistemas acuícolas*. Globalseafood Alliance. <https://www.globalseafood.org/advocate/descomposicion-de-materia-organica-en-sistemas-acuicolas/>
- Carrillo, L., Camacho, L., & Yepiz, G. (2024). *La Hipoxia y su efecto en el Camarón blanco (L. vannamei)*. Centro de Investigación En Alimentación y Desarrollo (CIAD).
<https://www.ciad.mx/la-hipoxia-y-su-efecto-en-el-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. <https://aquadocs.org/handle/1834/15129>
- Duan, Y., Wang, Y., Liu, Q., Zhang, J., & Xiong, D. (2019). Changes in the intestine barrier function of *Litopenaeus vannamei* in response to pH stress. *Fish & Shellfish Immunology*, 88, 142–149. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.047>
- Estrada-Cárdenas, P., Cruz-Moreno, D. G., González-Ruiz, R., Peregrino-Uriarte, A. B., Leyva-Carrillo, L., Camacho-Jiménez, L., Quintero-Reyes, I., & Yepiz-Plascencia, G. (2021). Combined hypoxia and high temperature affect differentially the response of antioxidant enzymes, glutathione and hydrogen peroxide in the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 254, 110909. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2021.110909>

- FAO. (2007). *Programa de información de especies acuáticas - Penaeus vannamei Boone 1931*. Pesca y Acuicultura.
https://www.fao.org/fishery/es/culturedspecies/litopenaeus_vannamei_es/es
- FAO. (2009). *Penaeus vannamei (Boone, 1931) [Penaeidae]. Cultured Aquatic Species Fact Sheets*.
https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/es/es_whitelegshrimp.htm
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action*. Rome.
- Furtado, P. S., Serra, F. P., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2014a). Short communication: Acute toxicity of hydrogen peroxide in juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology systems. *Aquaculture International*, 22(2), 653–659.
<https://doi.org/10.1007/s10499-013-9694-x>
- Furtado, P. S., Serra, F. P., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2014b). Short communication: Acute toxicity of hydrogen peroxide in juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc technology systems. *Aquaculture International*, 22(2), 653–659.
<https://doi.org/10.1007/s10499-013-9694-x>
- Gao, J., Duan, X., O'Shea, K., & Dionysiou, D. D. (2020). Degradation and transformation of bisphenol A in UV/Sodium percarbonate: Dual role of carbonate radical anion. *Water Research*, 171, 115394. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115394>
- Gonzabay, Á., Vite, H., Garzón, V., & Quizhpe, P. (2021). Análisis de la producción de camarón en el Ecuador para su exportación a la Unión Europea en el período 2015-2020. *Polo Del Conocimiento*, 6(9).
<https://doi.org/https://doi.org/10.23857/pc.v6i9.3093>
- Harlina, H., Ilmiah, I., Hamdillah, A., Jarir, D. V., & Salam, A. D. (2022). The water quality monitoring of vannamei shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds in East Tanete Riattang District, Bone Regency, Indonesia. *Depik*, 11(1), 42–48.
<https://doi.org/10.13170/depik.11.1.21663>
- Hassan, H., Gabol, K., Wattoo, J., Chatta, A., Ali, Q., Mahmood, K., Hussain, M., Abro, A., Attaullah, M., Rahman, S., Rashid, A., Rahman, M., & Hossain, Y. (2021). FIRST PACIFIC WHITE SHRIMP, LITOPENAEUS VANNAMEI (BOONE, 1931) CULTURE IN PAKISTAN: EVALUATION OF OPTIMUM SALINITY LEVEL FOR THE GROWTH PERFORMANCE AND SURVIVAL IN THE HYPO SALINE AND HYPER SALINE CONDITION UNDER POND ECOSYSTEM. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 31(5).
<https://doi.org/10.36899/JAPS.2021.5.0351>
- Heinecke, R. D., & Buchmann, K. (2009). Control of *Ichthyophthirius multifiliis* using a combination of water filtration and sodium percarbonate: Dose-response studies. *Aquaculture*, 288(1–2), 32–35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.11.017>
- Huynh, T. G., Tu Phan, T. C., Hai Vu, H., & Ut Vu, N. (2024). The use of different air diffusers on whiteleg shrimp, *Penaeus vannamei* in recirculating aquaculture system: effects on

- water quality and shrimp growth. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 52(1), 163–173. <https://doi.org/10.3856/vol52-issue1-fulltext-2951>
- Integrated Taxonomic Information System. (2023). *Species Litopenaeus vannamei*. <https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt#null>
- International Labour Organization and World Health Organization. (2018). *Sodium percarbonate ICSC: 1744*. https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=1744&p_version=2&p_lang=es
- Jaffer, Y. D., Saraswathy, R., Ishfaq, M., Antony, J., Bundela, D. S., & Sharma, P. C. (2020). Effect of low salinity on the growth and survival of juvenile pacific white shrimp, *Penaeus vannamei*: A revival. *Aquaculture*, 515, 734561. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734561>
- Jocsan, E. (2008). *Síntesis electroquímica de percarbonato de sodio por medio de reacciones anódicas y catódicas acopladas* [CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C.]. <https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/362/1/S%c3%adntesis%20electroqu%c3%admica%20de%20percarbonato%20de%20sodio%20por%20medio%20de%20reacciones%20an%c3%b3dicas%20y%20cat%c3%b3dicas%20acopladas.pdf>
- Kim, C.-W., Lee, J.-W., Kang, S.-W., & Kang, H.-S. (2024). Study on Ferritin Gene Expression to Evaluate the Health of White Leg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Postlarvae Due to Changes in Water Temperature, Salinity, and pH. *Water*, 16(11), 1477. <https://doi.org/10.3390/w16111477>
- KIR, M., SUNAR, M. C., TOPUZ, M., & SARIİPEK, M. (2022). Thermal Acclimation Capacity and Standard Metabolism of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931) at Different Temperature and Salinity Combinations. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4121983>
- König, R. B., Furtado, P. S., Wasielesky, W., & Abreu, P. C. (2021). Effect of hydrogen peroxide on the microbial community present in biofloc production systems of the shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 533, 736155. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736155>
- Lutz, D. S. (1995). Gas Supersaturation and Gas Bubble Trauma in Fish Downstream from a Midwestern Reservoir. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124(3), 423–436. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1995\)124<0423:GSAGBT>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1995)124<0423:GSAGBT>2.3.CO;2)
- Martínez, R. (1999). *CULTIVO DE CAMARONES PENEIDOS. PRINCIPIOS Y PRACTICAS* (1st ed., Vol. 1).
- Medina, C., Beltrán, M., & Salinas, H. (1999). Nauplii production of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae), on-board of commercial trawlers. *REVISTA DE BIOLOGIA TROPICAL*, 47(4).

- Mulis, & Habbie, S. (2022). Analysis of water quality and plankton community of *Litopenaeus vannamei* ponds in the coast of Tomini Bay, Mootilango Village, Gorontalo, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 15(4). <http://www.bioflux.com.ro/aac>
- Olivo-Gutiérrez, M., Verduzco-Ramírez, J., García-Díaz, N., Villalobos-Gómez, J., & Olivo-Gutiérrez, A. (2018). Prototipo para el monitoreo automatizado de parámetros de calidad del agua en una granja de camarón. *Científica*, 22(2), 87–95.
- Pardieck, D. L., Bouwer, E. J., & Stone, A. T. (1992). Hydrogen peroxide use to increase oxidant capacity for in situ bioremediation of contaminated soils and aquifers: A review. *Journal of Contaminant Hydrology*, 9(3), 221–242. [https://doi.org/10.1016/0169-7722\(92\)90006-Z](https://doi.org/10.1016/0169-7722(92)90006-Z)
- Patkaew, S., Direkbusarakom, S., Hirono, I., Wuthisuthimethavee, S., Powtongsook, S., & Pooljun, C. (2024). Effect of supersaturated dissolved oxygen on growth-, survival-, and immune-related gene expression of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Veterinary World*, 50–58. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.50-58>
- Pedersen, L., & Jokumsen, A. (2017). Los pros y los contras del percarbonato de sodio. *Global Aquaculture Alliance*. <https://www.globalseafood.org/advocate/los-pros-y-los-contras-del-percarbonato-de-sodio/>
- Piyatiratitivorakul, P., Lirdwitayaprasit, T., & Thooithaisong, J. (2002a). Laboratory Studies on Chemical Control of Red Tide Phytoplankton (*Chattonella marina* and *Heterosigma akashiwo*) for Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) Culture. *ScienceAsia*, 28(3), 217. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2002.28.217>
- Piyatiratitivorakul, P., Lirdwitayaprasit, T., & Thooithaisong, J. (2002b). Laboratory studies on chemical control of red tide phytoplankton (*Chattonella marina* and *Heterosigma akashiwo*) for black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) culture. *ScienceAsia*, 28, 217–220.
- Proecuador. (2021). *Brasil, un nuevo destino para el camarón ecuatoriano*. <https://www.proecuador.gob.ec/brasil-un-nuevo-destino-para-el-camaron-ecuatoriano/>
- Sánchez, S., Juárez, A., Olivier, B., Rivas, M., & Zeferino, J. (2018). VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS AMBIENTALES QUE INCIDEN EN EL CULTIVO DE CAMARÓN *Litopenaeus vannamei*, EN COYUCA DE BENÍTEZ, GUERRERO, MÉXICO. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 5(2).
- Senmache, N., & Reyes, W. (2020). EFFECT OF DIETS WITH NATURAL ZEOLITE ON THE GROWTH AND SURVIVAL OF THE RIVER SHRIMP *Cryphiops caementarius*. *REBIOL*, 40(1), 30–38. <https://doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.01.04>
- Shrimp Insights. (2025). *Ecuador Sets Global Record with Explosive May Exports*. Ecuadorian Shrimp Exports. <https://www.shrimpinsights.com/byte/ecuador-sets-global-record-explosive-may-exports>

- Ullsco, E. S., Garzón, V. J., Quezada, J. M., & Barrezueta, S. (2021). Análisis del comportamiento económico de la exportación en el sector camaronero en el Ecuador, periodo 2015- 2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(Suplemento 1), 112–119. <https://doi.org/10.62452/bnjydq13>
- Weitkamp, D. E., & Katz, M. (1980). A Review of Dissolved Gas Supersaturation Literature. *Transactions of the American Fisheries Society*, 109(6), 659–702. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1980\)109<659:ARODGS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1980)109<659:ARODGS>2.0.CO;2)
- Yu, Q., Xie, J., Huang, M., Chen, C., Qian, D., Qin, J. G., Chen, L., Jia, Y., & Li, E. (2020). Growth and health responses to a long-term pH stress in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Reports*, 16, 100280. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100280>
- Zeng, Y., Deng, B., Kang, Z., Araujo, P., Mjøs, S. A., Liu, R., Lin, J., Yang, T., & Qu, Y. (2023). Tissue accumulation of polystyrene microplastics causes oxidative stress, hepatopancreatic injury and metabolome alterations in *Litopenaeus vannamei*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 256, 114871. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114871>

ANEXOS

Anexo 1: Calculo de dosis usadas en la experimentación

Dosis usadas de percarbonato de sodio en larvas de camarones

La dosis consultada en campo fue de 10 g por tonelada de agua

10g percarbonato /tn agua

$$1000 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 10 \text{ g}$$

$$1 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 0.01\text{g/L} = 10\text{mg/l} = 10 \text{ ppm}$$

Dosis de percarbonato de sodio en experimentación

Una vez realizados los cálculos, se estableció las dosis a usar. Se usaron cuatro dosis:

0 mg (control), 10 mg (TR1), 20 mg (TR2), 40 mg (TR3)

Cálculo de dosis para TR1

$$1 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 10 \text{ mg}$$

$$15 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 150 \text{ mg} = 0.15 \text{ g}$$

Cálculo de dosis para TR2

$$1\text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 20 \text{ mg}$$

$$15\text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$X = 300 \text{ mg} = 0.30 \text{ g}$$

Cálculo de dosis para TR3

$$1\text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 40 \text{ mg}$$

$$15 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 600 \text{ mg} = 0.60 \text{ g}$$

Dosis usadas de peróxido de hidrogeno en larvas de camarón

10 ml de peróxido al 35% de pureza por tonelada de agua

10 ml de peróxido /tn agua

1000 L ---→ 10 ml

1 L ---→ x

$$x = 0.01 \text{ g/L} = 10 \text{ mg/l} = 10 \text{ ppm}$$

Dosis peróxido de hidrogeno en experimentación

Se usaron cuatro dosis: 0 mg (control), 10 mg (TR1), 20 mg (TR2), 40 mg (TR3)

Cálculo de dosis para TR1

1L ---→ 10 mg

15 L ---→ x

$$X = 150 \text{ mg} = 0.15 \text{ g}$$

Cálculo de dosis para TR2

1L ---→ 20 mg

15 L ---→ x

$$x = 300 \text{ mg} = 0.30 \text{ g}$$

Cálculo de dosis para TR3

1L ---→ 40 mg

15 L ---→ x

$$x = 600 \text{ mg} = 0.60 \text{ g}$$

Dosis usadas de percarbonato de sodio en juveniles de camarón

40 kg de percarbonato de sodio por hectárea de agua en piscina de 1 m

40 kg percarbonato /has de agua

$$10\ 000\ 000\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 40\ \text{mg}$$

$$1\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$X = 0.0040\ \text{g/L} = 4\ \text{mg/l} = 4\ \text{ppm}$$

Dosis percarbonato de sodio en experimentación

Se usaron cuatro dosis: 0 mg (control), doble de dosis en campo 8 mg/l (TR1), triple 16 mg/l (TR2) y cuatro veces la dosis 32 mg/l (TR3)

Cálculo de dosis para TR1

$$1\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 8\ \text{mg}$$

$$15\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 120\ \text{mg} = 0.12\ \text{g}$$

Cálculo de dosis para TR2

$$1\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 16\ \text{mg}$$

$$15\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 240\ \text{mg} = 0.24\ \text{g}$$

Cálculo de dosis para TR3

$$1\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 32\ \text{mg}$$

$$15\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$X = 480\ \text{mg} = 0.48\ \text{g}$$

Dosis usadas de peróxido de hidrógeno en precría de camarón

40 L de peróxido al 50% de pureza por hectárea de agua en piscina de 1 m

40L de peróxido /has de agua

$$10\ 000\ 000\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 40\ 000\ \text{ml}$$

$$1\ \text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 0.004 \text{ g/L} = 4 \text{ mg/l} = 4 \text{ ppm}$$

Dosis peróxido de hidrógeno en experimentación

Se usaron cuatro dosis: 0 mg (control), 8 mg (TR1), 16 mg (TR2), 32 mg (TR3)

Cálculo de dosis para TR1

$$1\text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 8 \text{ mg}$$

$$15 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 120 \text{ mg} = 0.12 \text{ g}$$

Cálculo de dosis para TR2

$$1\text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 16 \text{ mg}$$

$$15 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 240 \text{ mg} = 0.24 \text{ g}$$

Cálculo de dosis para TR3

$$1\text{L} \quad \text{---}\rightarrow \quad 32 \text{ mg}$$

$$15 \text{ L} \quad \text{---}\rightarrow \quad x$$

$$x = 480 \text{ mg} = 0.48 \text{ g}$$

Anexo 2 Tabla de solubilidad del oxígeno disuelto acorde al pH y temperatura del agua (Boyd, 1989)

| Temp (C) | Salinity, parts per thousand (ppt) | | | | | | | | |
|-------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| 0 | 14.60 | 14.11 | 13.64 | 13.18 | 12.74 | 12.31 | 11.90 | 11.50 | 11.11 |
| 1 | 14.20 | 13.72 | 13.27 | 12.82 | 12.40 | 11.98 | 11.58 | 11.20 | 10.82 |
| 2 | 13.81 | 13.36 | 12.91 | 12.49 | 12.07 | 11.67 | 11.29 | 10.91 | 10.55 |
| 3 | 13.44 | 13.00 | 12.58 | 12.16 | 11.76 | 11.38 | 11.00 | 10.64 | 10.29 |
| 4 | 13.09 | 12.67 | 12.25 | 11.85 | 11.47 | 11.09 | 10.73 | 10.38 | 10.04 |
| 5 | 12.76 | 12.34 | 11.94 | 11.56 | 11.18 | 10.82 | 10.47 | 10.13 | 9.80 |
| 6 | 12.44 | 12.04 | 11.65 | 11.27 | 10.91 | 10.56 | 10.22 | 9.89 | 9.57 |
| 7 | 12.13 | 11.74 | 11.36 | 11.00 | 10.65 | 10.31 | 9.98 | 9.66 | 9.35 |
| 8 | 11.83 | 11.46 | 11.09 | 10.74 | 10.40 | 10.07 | 9.75 | 9.44 | 9.14 |
| 9 | 11.55 | 11.18 | 10.83 | 10.49 | 10.16 | 9.84 | 9.53 | 9.23 | 8.94 |
| 10 | 11.28 | 10.92 | 10.58 | 10.25 | 9.93 | 9.62 | 9.32 | 9.03 | 8.75 |
| 11 | 11.02 | 10.67 | 10.34 | 10.02 | 9.71 | 9.41 | 9.12 | 8.83 | 8.56 |
| 12 | 10.77 | 10.43 | 10.11 | 9.80 | 9.50 | 9.21 | 8.92 | 8.65 | 8.38 |
| 13 | 10.52 | 10.20 | 9.89 | 9.59 | 9.29 | 9.01 | 8.73 | 8.47 | 8.21 |
| 14 | 10.29 | 9.98 | 9.68 | 9.38 | 9.10 | 8.82 | 8.55 | 8.29 | 8.04 |
| 15 | 10.07 | 9.77 | 9.47 | 9.19 | 8.91 | 8.64 | 8.38 | 8.13 | 7.88 |
| 16 | 9.86 | 9.56 | 9.28 | 9.00 | 8.73 | 8.47 | 8.21 | 7.97 | 7.73 |
| 17 | 9.65 | 9.36 | 9.09 | 8.82 | 8.55 | 8.30 | 8.05 | 7.81 | 7.58 |
| 18 | 9.45 | 9.17 | 8.90 | 8.64 | 8.38 | 8.14 | 7.90 | 7.66 | 7.44 |
| 19 | 9.26 | 8.99 | 8.73 | 8.47 | 8.22 | 7.98 | 7.75 | 7.52 | 7.30 |
| 20 | 9.08 | 8.81 | 8.56 | 8.31 | 8.06 | 7.83 | 7.60 | 7.38 | 7.17 |
| 21 | 8.90 | 8.64 | 8.39 | 8.15 | 7.91 | 7.68 | 7.46 | 7.25 | 7.04 |
| 22 | 8.73 | 8.48 | 8.23 | 8.00 | 7.77 | 7.54 | 7.33 | 7.12 | 6.91 |
| 23 | 8.56 | 8.32 | 8.08 | 7.85 | 7.63 | 7.41 | 7.20 | 6.99 | 6.79 |
| 24 | 8.40 | 8.16 | 7.93 | 7.71 | 7.49 | 7.28 | 7.07 | 6.87 | 6.68 |
| 25 | 8.24 | 8.01 | 7.79 | 7.57 | 7.36 | 7.15 | 6.95 | 6.75 | 6.56 |
| 26 | 8.09 | 7.87 | 7.65 | 7.44 | 7.23 | 7.03 | 6.83 | 6.64 | 6.46 |
| 27 | 7.95 | 7.73 | 7.51 | 7.31 | 7.10 | 6.91 | 6.72 | 6.53 | 6.35 |
| 28 | 7.81 | 7.59 | 7.38 | 7.18 | 6.98 | 6.79 | 6.61 | 6.42 | 6.25 |
| 29 | 7.67 | 7.46 | 7.26 | 7.06 | 6.87 | 6.68 | 6.50 | 6.32 | 6.15 |
| 30 | 7.54 | 7.33 | 7.14 | 6.94 | 6.75 | 6.57 | 6.39 | 6.22 | 6.05 |
| 31 | 7.41 | 7.21 | 7.02 | 6.83 | 6.64 | 6.47 | 6.29 | 6.12 | 5.96 |
| 32 | 7.29 | 7.09 | 6.90 | 6.72 | 6.54 | 6.36 | 6.19 | 6.03 | 5.87 |
| 33 | 7.17 | 6.98 | 6.79 | 6.61 | 6.43 | 6.26 | 6.10 | 5.94 | 5.78 |
| 34 | 7.05 | 6.86 | 6.68 | 6.51 | 6.33 | 6.17 | 6.01 | 5.85 | 5.69 |
| 35 | 6.93 | 6.75 | 6.58 | 6.40 | 6.24 | 6.07 | 5.91 | 5.76 | 5.61 |
| 36 | 6.82 | 6.65 | 6.47 | 6.31 | 6.14 | 5.98 | 5.83 | 5.68 | 5.53 |
| 37 | 6.72 | 6.54 | 6.37 | 6.21 | 6.05 | 5.89 | 5.74 | 5.59 | 5.45 |
| 38 | 6.61 | 6.44 | 6.28 | 6.12 | 5.96 | 5.81 | 5.66 | 5.51 | 5.37 |
| 39 | 6.51 | 6.34 | 6.18 | 6.02 | 5.87 | 5.72 | 5.58 | 5.44 | 5.30 |
| 40 | 6.41 | 6.25 | 6.09 | 5.94 | 5.79 | 5.64 | 5.50 | 5.36 | 5.22 |

Anexo 3. Porcentaje de amoníaco no ionizado en solución acuosa de amoníaco a diferentes niveles de pH y temperaturas (Trussell, 1972)

Percent Un-ionized NH₃ in Aqueous Ammonia Solutions
Temperature, °C

| pH | 20.0 | 20.5 | 21.0 | 21.5 | 22.0 | 22.5 | 23.0 | 23.5 | 24.3 | 24.5 | 25.0 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 6.0 | .0397 | .0412 | .0427 | .0443 | .0459 | .0476 | .0493 | .0511 | .0530 | .0549 | .0569 |
| 6.1 | .0500 | .0518 | .0538 | .0557 | .0578 | .0599 | .0621 | .0644 | .0667 | .0691 | .0716 |
| 6.2 | .0629 | .0653 | .0677 | .0702 | .0727 | .0754 | .0782 | .0810 | .0839 | .0870 | .0901 |
| 6.3 | .0792 | .0821 | .0852 | .0883 | .0916 | .0949 | .0984 | .102 | .106 | .109 | .113 |
| 6.4 | .0997 | .103 | .107 | .111 | .115 | .119 | .124 | .128 | .133 | .138 | .143 |
| 6.5 | .125 | .130 | .135 | .140 | .145 | .150 | .156 | .162 | .167 | .173 | .180 |
| 6.6 | .158 | .164 | .170 | .176 | .183 | .189 | .196 | .203 | .211 | .218 | .225 |
| 6.7 | .199 | .206 | .214 | .222 | .230 | .238 | .247 | .256 | .265 | .275 | .284 |
| 6.8 | .250 | .259 | .269 | .279 | .289 | .300 | .310 | .322 | .333 | .345 | .358 |
| 6.9 | .315 | .326 | .338 | .351 | .364 | .377 | .390 | .405 | .419 | .434 | .450 |
| 7.0 | .396 | .410 | .425 | .441 | .457 | .474 | .491 | .509 | .527 | .546 | .566 |
| 7.1 | .498 | .516 | .535 | .555 | .575 | .596 | .617 | .640 | .663 | .687 | .711 |
| 7.2 | .625 | .649 | .673 | .697 | .723 | .749 | .776 | .804 | .833 | .863 | .894 |
| 7.3 | .786 | .815 | .845 | .876 | .908 | .941 | .975 | 1.01 | 1.05 | 1.08 | 1.12 |
| 7.4 | .988 | 1.02 | 1.06 | 1.10 | 1.14 | 1.18 | 1.22 | 1.27 | 1.31 | 1.36 | 1.41 |
| 7.5 | 1.24 | 1.29 | 1.33 | 1.38 | 1.43 | 1.48 | 1.54 | 1.59 | 1.65 | 1.71 | 1.77 |
| 7.6 | 1.56 | 1.61 | 1.67 | 1.73 | 1.80 | 1.86 | 1.93 | 2.00 | 2.07 | 2.14 | 2.22 |
| 7.7 | 1.95 | 2.02 | 2.10 | 2.17 | 2.25 | 2.33 | 2.41 | 2.50 | 2.59 | 2.68 | 2.77 |
| 7.8 | 2.44 | 2.53 | 2.63 | 2.72 | 2.82 | 2.92 | 3.02 | 3.13 | 3.24 | 3.35 | 3.47 |
| 7.9 | 3.06 | 3.17 | 3.28 | 3.40 | 3.52 | 3.64 | 3.77 | 3.90 | 4.04 | 4.18 | 4.33 |
| 8.0 | 3.82 | 3.96 | 4.10 | 4.24 | 4.39 | 4.55 | 4.70 | 4.87 | 5.03 | 5.21 | 5.38 |
| 8.1 | 4.76 | 4.93 | 5.10 | 5.28 | 5.47 | 5.66 | 5.85 | 6.05 | 6.25 | 6.47 | 6.69 |
| 8.2 | 5.92 | 6.13 | 6.34 | 6.56 | 6.79 | 7.02 | 7.25 | 7.50 | 7.75 | 8.01 | 8.27 |
| 8.3 | 7.34 | 7.60 | 7.86 | 8.12 | 8.39 | 8.68 | 8.96 | 9.25 | 9.56 | 9.88 | 10.2 |
| 8.4 | 9.07 | 9.38 | 9.69 | 10.0 | 10.3 | 10.7 | 11.0 | 11.4 | 11.7 | 12.1 | 12.5 |
| 8.5 | 11.2 | 11.5 | 11.9 | 12.3 | 12.7 | 13.1 | 13.5 | 13.9 | 14.4 | 14.8 | 15.3 |
| 8.6 | 13.7 | 14.1 | 14.5 | 15.0 | 15.5 | 15.9 | 16.4 | 16.9 | 17.4 | 17.9 | 18.5 |
| 8.7 | 16.6 | 17.1 | 17.6 | 18.2 | 18.7 | 19.3 | 19.8 | 20.4 | 21.0 | 21.5 | 22.2 |
| 8.8 | 20.0 | 20.6 | 21.2 | 21.8 | 22.5 | 23.1 | 23.7 | 24.4 | 25.1 | 25.7 | 26.4 |
| 8.9 | 24.0 | 24.7 | 25.3 | 26.0 | 26.7 | 27.4 | 28.2 | 28.9 | 29.6 | 30.4 | 31.1 |
| 9.0 | 28.4 | 29.2 | 29.9 | 30.7 | 31.5 | 32.3 | 33.0 | 33.8 | 34.5 | 35.5 | 36.3 |
| 9.1 | 33.3 | 34.2 | 35.0 | 35.8 | 36.6 | 37.5 | 38.3 | 39.2 | 40.0 | 40.9 | 41.7 |
| 9.2 | 38.6 | 39.5 | 40.4 | 41.2 | 42.1 | 43.0 | 43.9 | 44.8 | 45.7 | 46.5 | 47.4 |
| 9.3 | 44.2 | 45.1 | 46.0 | 46.9 | 47.8 | 48.7 | 49.6 | 50.5 | 51.4 | 52.3 | 53.2 |
| 9.4 | 49.9 | 50.9 | 51.8 | 52.7 | 53.6 | 54.5 | 55.4 | 56.2 | 57.1 | 58.0 | 58.8 |
| 9.5 | 55.7 | 56.6 | 57.5 | 58.3 | 59.2 | 60.1 | 60.9 | 61.8 | 62.5 | 63.5 | 64.3 |
| 9.6 | 61.3 | 62.1 | 63.0 | 63.8 | 64.6 | 65.5 | 66.3 | 67.1 | 67.8 | 68.5 | 69.4 |
| 9.7 | 66.6 | 67.4 | 68.2 | 68.9 | 69.7 | 70.5 | 71.2 | 71.9 | 72.7 | 73.4 | 74.0 |
| 9.8 | 71.6 | 72.2 | 72.9 | 73.7 | 74.3 | 75.0 | 75.7 | 76.3 | 77.0 | 77.6 | 78.2 |
| 9.9 | 75.9 | 76.6 | 77.2 | 77.9 | 78.4 | 79.1 | 79.7 | 80.3 | 80.8 | 81.4 | 81.9 |
| 10.0 | 79.9 | 80.5 | 81.0 | 81.5 | 82.1 | 82.6 | 83.2 | 83.5 | 84.1 | 84.5 | 85.1 |

Anexo 4. Recipientes utilizados para la fase experimental



Anexo 5. Ubicación de los recipientes + 2 reservorios de 250 L cada uno.



Anexo 6. Llenado de los recipientes y reservorios por individual.



Anexo 7. Marcado de recipientes con su respectivo tratamiento.



Anexo 8. Recipientes llenados al 75 % de su volumen (15 L).



Anexo 9. Llenado de los reservorios y tapado de los mismos.



Anexo 10. Pesaje de los compuestos químicos a utilizar en una balanza analítica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.



Anexo 11. Pesaje de SPC y peróxido de hidrógeno en la balanza analítica.



Anexo 12. Equipo utilizado en la medición de parámetros: refractómetro



Anexo 13. Equipo utilizado en la medición de parámetros: oxígeno metro YSI PRO 20i.



Anexo 14. Equipo utilizado en la medición de parámetros: Kit colorimétrico API - AMMONIA NH₃ / NH₄.



Anexo 15. Equipo utilizado en la medición de parámetros: Potenciómetro digital HANNA instruments.



Anexo 16. Ensayo con juveniles de *L. vannamei* (10 organismos / recipiente)



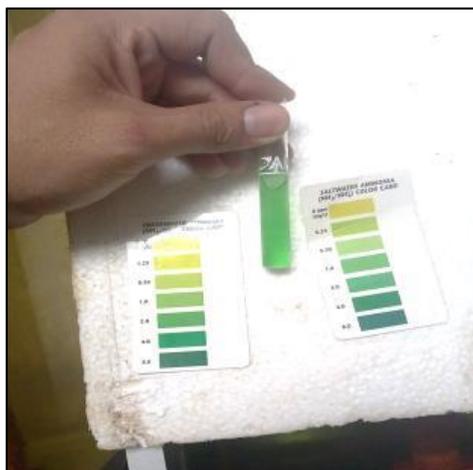
Anexo 17. Medición de oxígeno disuelto en las unidades experimentales.



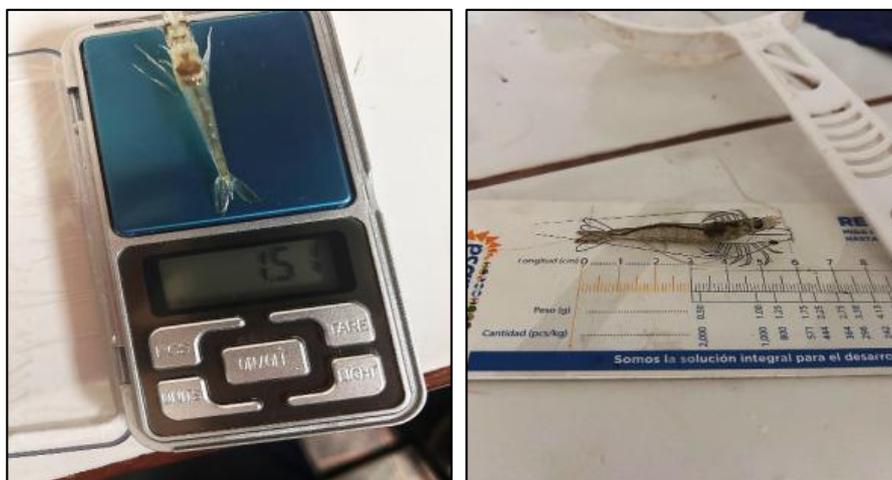
Anexo 18. Recambio de agua total de las unidades experimentales.



Anexo 19. Medición de amonio en las unidades experimentales con el kit colorimétrico.



Anexo 20. Realización de PL gramo, registro de tallas y peso al inicio y final de la experimentación.



Anexo 21. Respuesta fisiológica evidente tras la aplicación de H_2O_2 en la fase experimental.

